



Tugas Akhir – ME 141501

**ANALISA PENAMBAHAN KOTRUKSI BAFFLES DI DALAM
TANGKI KAPAL TANKER 17500DWT DENGAN SIMULASI
COMPUTATION FLUID DYNAMIC (CFD)**

**Praba Luqman Hakim
NRP 4215 105 013**

**Dosen Pembimbing
Ir. Amiadji. M.M, M.Sc
Ir. Toni Bambang Musriyadi. PGD. MMT**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN



Final Project – ME 141501

**BAFFLES CONSTRUCTION ANALYSIS WITH
COMPUTATION FLUID DYNAMIC (CFD) IN CARGO
OIL TANK ON TANKER SHIP 17500 DWT**

**Praba Luqman Hakim
4215 105 013**

**Academic Supervisor:
Ir. Amiadji. M.M, M.Sc
Ir. Toni Bambang Musriyadi. PGD. MMT**

**MARINE ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENAMBAHAN KONTRUKSI BAFFLES DI DALAM TANGKI KAPAL TANKER 17500 DWT DENGAN SIMULASI COMPUTATION FLUID DYNAMIC (CFD)

TUGAS AKHIR.

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Manufacuture and Design* (MMD)

Progam Study S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

PRABA LUQMAN HAKIM

NRP 4215 105 013

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:


Ir. Amiadji M.M, M.Sc

NIP: 1961 0324 1988 03 1001

()

Ir. Toni Bambang Musriyadi. PGD. MMT

NIP: 1959 0410 1987 01 1001

()

SURABAYA

Juli, 2017

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENAMBAHAN KONTRUKSI BAFFLES DI DALAM TANGKI
KAPAL TANKER 17500 DWT DENGAN SIMULASI COMPUTATION FLUID
DYNAMIC (CFD)

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)
Program S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas
Teknologi Kelautan
Institut Sepuluh Nopember

Oleh :

PRABA LUQMAN HAKIM
NRP. 4215105013

Disetujui oleh
Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.
NIP. 1977 0802 2008 01 007
Surabaya, Juli 2017

ANALIS PENAMBAHAN KONTRUKSI *BAFFLES* DI DALAM TANGKI KAPAL TANKER 17500 DWT DENGAN SIMULASI COMPUTATION FLUID DYNAMIC (CFD)

Nama : Praba Luqman Hakim
NRP : 4215105013
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS
Pembimbing : Ir. Amiadji. M.M, M.Sc
Ir. Toni Bambang Musriyadi. PGD

ABSTRAK

Tangki adalah merupakan bagian terpenting dimana menjadi bagian utama kapal pengangkut cairan dan gas yang digunakan untuk menyimpan atau mengumpulkan cairan. Salah satu permasalahan yang harus diperhatikan yaitu bagaimana pergerakan fluida di dalam tangki akibat gerakan kapal. Gerakan bebas dari fluida cair di dalam sebuah tangki disebut sloshing. Perlu adanya simulasi *sloshing* dan analisa struktur pada tangki akibat gaya yang ditimbulkan oleh beban ketika terjadi *pitching* dan *rolling*. Salah satu cara dengan menggunakan desain *baffles* yang baru untuk system pada kapal tanker diharapkan bisa mengurangi efek *sloshing*. Pertama adalah membuat model tangki tanpa *baffles* untuk mengetahui seberapa besara gaya-gaya pressure yang bekerja di dalam tangki. Kedua adalah membuat model tangki dengan meletakkan satu *baffles* penuh pada tengah tangki. Model ketiga adalah meletakkan dua *baffles* di dalam tangki. Model keempat adalah melatakn satu *baffles* dengan pelubangan di tengah tangki. Model kelima adalah meletakkan dua *baffles* berlubang di dalam tangki. Dimensi dari baffles tersebut adalah panjang 11,5 m, tinggi 6 m, tebal 2 cm dan diameter pelubangan 50 cm. Simulasi dilakukan dengan metode Computational Fluid Dynamic (CFD) menggunakan software Ansys Fluent. Dari hasil simulasi disimpulkan bahwa pada simusai model dengan dua *baffles* berlubang menunjukan hasil pengurangan sloshing terbaik karena aliran air didalam tangka dapat tereduksi dengan baik karena melewati lubang-lubang pada baffles.

Kata Kunci : *Sloshing, Baffles, Fluent, Pitching, Rolling*

HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN

ANALYSIS BAFFLES CONSTRUCTION IN TANK OF TANKER SHIP 17500DWT WITH SIMULATION COMPUTATION FLUID DYNAMIC (CFD)

Nama : Praba Luqman Hakim
NRP : 4215105013
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan,FTK-ITS
Pembimbing : Ir. Amiadji. M.M, M.Sc
Ir. Toni Bambang Musriyadi. PGD

ABSTRACT

The tank is the most important part where it is the main part of the liquid and gas transport vessel used for storing or collecting liquids. One of the problems of the movement of the fluid in the tanks due to the movement of the ship. The free movement of the liquid fluid inside a tank is called sloshing. Need for simulation of sloshing and structural analysis on the tanks due to pitching and rolling occur? One way to use the new baffles design for the tanker system is to reduce the effect of sloshing. First is to create a tank model without baffles to find out how much pressure forces work in the tank. The second is to make a tank model by putting full baffles on the center of the tank. The third model is to place two baffles in the tank. The fourth model is to lay one baffle with a perforation in the center of the tank. The fifth model is to place two hollow baffles in the tank. The dimensions of the baffles are 11.5 m long, 6 m high, 2 cm thick and 50 cm in diameter. The simulation is done by Computational Fluid Dynamic (CFD) method using Ansys Fluent software. From the simulation result, can it be concluded that the model simulation with two hollow baffles shows the best result sloshing reduction because the water flow inside the tank can be reduced well because it passes through the holes in the baffles

Keywords: *Sloshing, Baffles, Fluent, Pitching, Rolling.*

HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas hidayah dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul "Analisa Penambahan Kontruksi Baffles di Dalam Tangki Kapal Tanker 17500 DWT dengan Simulasi Computation Fluid Cynamic ", yang merupakan salah satu syarat kelulusan pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakutas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini banyak pihak yang bersedia meluangkan waktu untuk membantu penyusunan tugas akhir ini, maka pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Amiadji M.M, M.Sc , selaku Dosen Pembimbing pertama yang telah memberikan kesempatan atas waktu bimbiingan, bantuan, dan nasehat selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Toni Bambang Musriyadi. PGD selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan banyak masukan, arahan dan dorongan agar terselasaikannya Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT., selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS, yang telah memberikan kesempatan penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Adi Kurniawan. ST, MT., selaku Dosen Wali Mahasiswa Lintas Jalur 2015, yang telah membantu memperlancar penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Bapak, Ibu dan keluarga yang telah mendoakan dan melancarkan penyusunan Tugas Akhir.
6. Pengurus Lab MMD yang bersedia memberikan fasilitas untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Teman – teman teknik sistem perkapalan lintas jalur angkatan 2015 yang tidak segan mendukung tersusunnya tugas akhir ini
8. Teman – teman kontrakan seperjuangan yang senantiasa memberikan hiburan dan dorongan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan. Akhir kata dengan Tugas Akhir ini diharapkan dapat bermanfaat dalam hal apapun.

Surabaya, Juli 2017
Penulis

HALAMAN SENGAJA DKOSONGKAN

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penulisan.....	3
1.4 Manfaat Penulisan.....	3
1.5 Batsan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Tentang Kapal Tanker	5
2.1.1 Pengertian Kapal Tanker	5
2.1.2 Stabilitas	5
2.2 Pengertian Sloshing.....	6
2.2.1 Sloshing Motion	6
2.2.1 Anti Sloshing.....	8
2.3 Gelombang Sinusoidal.....	10
2.4 Arah Kapal Terhadap Gelombang.....	11
2.5 Gerakan Kapal.....	13
2.6 Software	14
2.6.1 Solidwork	14
2.6.2 Computational Fluid Dynamic	16
2.6.3 Respons Amplitudo Operator	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Pengumpulan Data	20
3.1.1 Data Primer	20
3.1.2 Data Sekunder	21
3.2 Pengolahan Data.....	21
3.2.1 Parameter Penelitian.....	21
3.2.2 Pembuatan Model Linesplan	21
3.2.3 Pembuatan Model Tangki	22
3.2.4 Simulasi pad a computation fluid dynamic	26
3.2.5 Validasi.....	27
3.2.6 Kesimpulan hasil simulasi.....	30

BAB IV HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Perhitungan Arah Gerakan Kapal.....	31
4.2 Proses Meshing Model	32
4.3 Simulasi User Defined Function	32
4.4 Simulasi pada Computation Fluid Dynamic.....	33
4.5 Hasil Simulasi Tangki	39
4.5.1 Hasil Simulasi Tangki Tanpa Baffles	39
4.5.2 Hasil Simulasi Tangki dengan Satu Baffles Penuh	47
4.5.3 Hasil Simulasi Tangki dengan Dua Baffles Penuh.....	56
4.5.4 Hasil Simulasi Tangki dengan Satu Baffles Berlubang.....	65
4.5.5 Hasil Simulasi Tangki dengan Dua Baffles Berlubang.....	74
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	 81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83
BIODATA PENULIS.....	85
LAMPIRAN	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kerusakan akibat sloshing	2
Gambar 2.1 Ilustrasi gaya pada sloshing	7
Gambar 2.2 sistem baffles arah vertikal dengan variasi	9
Gambar 2.3 Sistem horizontal baffles	9
Gambar 2.4 Gelombang sinusoidal	10
Gambar 2.5 Definisi simple harmonic motion	9
Gambar 2.6 Definisi arah gerakan kapal	11
Gambar 2.7 Macam gerakan kapal	12
Gambar 2.8 Layout software solidwork	13
Gambar 2.9 Arah gerakan kapal pada gelombang	15
Gambar 2.10 bidang gambar	16
Gambar 3.1 Lines Plan Kapal tangker 17500DWT	20
Gambar 3.2 Permodelan ulang Linesplan dengan maxsurf	22
Gambar 3.3 Tangki tanpa baffles	23
Gambar 3.4 Dimensi Tangki tanpa baffles	23
Gambar 3.5 Tangki satu baffles	23
Gambar 3.6 Dimensi peletakan satu baffles	24
Gambar 3.7 Tangki dua baffles	24
Gambar 3.8 Dimensi Tangki dua baffles	24
Gambar 3.9 Tangki satu baffles berlubang	25
Gambar 3.10 Dimensi Tangki satu baffles berlubang	25
Gambar 3.11 Tangki dua baffles berlubang	26
Gambar 3.12 Dimensi Tangki dua baffles berlubang	26
Gambar 3.13 Posisi Pressure Transducer Acuan Pemberian Node Pressure	27
Gambar 3.14 Simulasi Percobaan Filling Level 50%	29
Gambar 3.15 Simulasi Percobaan Filling Level 75%	29
Gambar 3.16 Validasi Hasil Simulasi Pada 50% Filling Level	30
Gambar 4.1 Grafik RAO	31
Gambar 4.2 Meshing	32
Gambar 4.3 Computed UDF	33
Gambar 4.4 Pengaturan Solution Methode	34
Gambar 4.5 Pengaturan Ketinggian Fluida	34
Gambar 4.6 Pengaturan Fluida di ISO Surface	35
Gambar 4.7 Proses Perhitungan Running Calculation	35
Gambar 4.8 Kontur Cairan Tangki	36
Gambar 4.9 Kontur Pressure Dinding Depan dan Belakang	37
Gambar 4.10 Kontur Pressure Dinding Kanan dan Kiri	38
Gambar 4.11 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area A1	38
Gambar 4.12 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area A2	39

Gambar 4.13 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area A3	39
Gambar 4.14 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area A4	40
Gambar 4.15 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area A5	40
Gambar 4.16 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area A6	42
Gambar 4.17 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area A7	43
Gambar 4.18 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area A8	43
Gambar 4.19 Kontur Cairan Tangki	44
Gambar 4.20 Kontur Pressure Dinding Depan dan Belakang	44
Gambar 4.21 Kontur Pressure Dinding Kanan dan Kiri	45
Gambar 4.22 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area B1	45
Gambar 4.23 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area B2	47
Gambar 4.24 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area B3	47
Gambar 4.25 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area B4	48
Gambar 4.26 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area B5	48
Gambar 4.27 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area B6	51
Gambar 4.28 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area B7	51
Gambar 4.29 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area B8	52
Gambar 4.30 Kontur Cairan Tangki	52
Gambar 4.31 Kontur Pressure Dinding Depan dan Belakang	53
Gambar 4.32 Kontur Pressure Dinding Kanan dan Kiri	53
Gambar 4.33 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area C1	54
Gambar 4.34 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area C2	56
Gambar 4.35 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area C3	56
Gambar 4.36 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area C4	57
Gambar 4.37 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area C5	57
Gambar 4.38 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area C6	60
Gambar 4.39 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area C7	61
Gambar 4.40 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area C8	61
Gambar 4.42 Kontur Cairan Tangki	62
Gambar 4.43 Kontur Pressure Dinding Depan dan Belakang	62
Gambar 4.44 Kontur Pressure Dinding Kanan dan Kiri	63
Gambar 4.45 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area D1	65
Gambar 4.46 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area D2	65
Gambar 4.47 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area D3	66
Gambar 4.48 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area D4	66
Gambar 4.49 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area D5	69
Gambar 4.50 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area D6	69
Gambar 4.51 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area D7	70
Gambar 4.52 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area D8	70
Gambar 4.53 Kontur Cairan Tangki	71

Gambar 4.54 Kontur Pressure Dinding Depan dan Belakang	71
Gambar 4.55 Kontur Pressure Dinding Kanan dan Kiri.....	72
Gambar 4.56 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area E1	74
Gambar 4.57 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area E2.....	74
Gambar 4.58 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area E3.....	75
Gambar 4.59 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area E4.....	75
Gambar 4.60 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area E5.....	78
Gambar 4.61 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area E6.....	78
Gambar 4.62 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area E7	79
Gambar 4.63 Grafik Tekanan pada tangki tanpa baffles area E8.....	79

HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Experiment case dalam sloshing	27
Tabel 4.1 Pressure pada luasan dinding depan dan belakang.....	37
Tabel 4.2 Pressure pada luasan dinding kanan dan kiri.....	41
Tabel 4.3 Pressure pada luasan dinding depan dan belakang.....	45
Tabel 4.4 Pressure pada luasan dinding kanan dan kiri.....	49
Tabel 4.5 Pressure pada luasan dinding depan dan belakang.....	54
Tabel 4.6 Pressure pada luasan dinding kanan dan kiri.....	58
Tabel 4.7 Pressure pada luasan dinding depan dan belakang.....	63
Tabel 4.8 Pressure pada luasan dinding kanan dan kiri.....	67
Tabel 4.9 Pressure pada luasan dinding depan dan belakang.....	72
Tabel 4.10 Pressure pada luasan dinding kanan dan kiri.....	76

BAB I

PENDAHULUAN

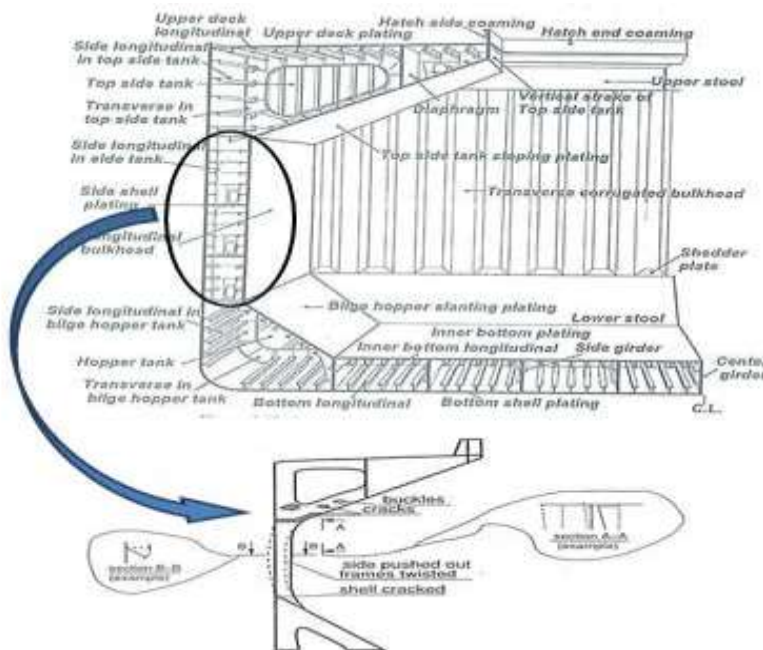
1.1. Latar Belakang

Tangki adalah merupakan bagian terpenting dimana menjadi bagian utama kapal pengangkut cairan dan gas yang digunakan untuk menyimpan/mengumpulkan cairan . Karena itu dibuatlah kapal pengangkut cairan (oil tanker) dan kapal pengangkut LNG dalam ukuran tertentu untuk mengangkut fluida agar muatan dapat terdistribusi dengan aman. Beberapa designer membuat berbagai macam bentuk tangki yang di design untuk menimbulkan efek terhadap muatan didalamnya. Salah satu permasalahan yang harus diperhatikan yaitu bagaimana pergerakan fluida di dalam tangki akibat gerakan kapal. Gerakan bebas dari fluida cair di dalam sebuah tangki disebut sloshing. Permasalahan sloshing menjadi pembahasan yang serius akhir-akhir ini. Hal ini menjadi isu penting dalam desain kapal Tanker dan kapal LNG.

Selama terjadi sloshing hebat, pengaruh sloshing berupa beban impact dapat menyebabkan kerusakan struktur tangki (Lee.S.J, dkk.2005). Menurut Rognebakke, Olav dkk (2009) gerakan pada cairan selain dapat menyebabkan kerusakan pada suatu struktur juga mempunyai kemampuan dalam mengganggu stabilitas kapal. Untuk alasan tersebut, maka analisa gerakan sloshing dilakukan, dan untuk mengurangi maupun menghindari terjadinya kerusakan struktur pada lambung kapal dilakukan penelitian dengan cara memberikan suatu peredam gerakan sloshing tersebut. Dalam analisa gerak kapal, efek permukaan bebas/free surface dan sloshing di dalam ruang muat biasanya diabaikan. Beberapa waktu yang lalu banyak eksperimental dan studi numeric menunjukkan bahwa efek paduan sloshing dan gerak kapal sangatlah besar terhadap kapal..

Ada beberapa kerusakan yg diakibatkan oleh *sloshing*.Salah satu kapal yang pernah mengalaminya adalah OBO 9000 DWT dengan membawa muatan cair yang terisi 50% tangki.Kapal ini mengalami gerakan rolling yang ekstrim

ketika melakukan pelayaran. Gambar 1.1 menunjukkan efek yg disebabkan hal tersebut terhadap kapal. Frame sebelah sisi kapal mengalami deformasi yang permanen ke arah luar, sangat bengkok dan sebagian hilang.



Gambar 1.1 Kerusakan kontruksi akibat sloshing

Efek *sloshing* merupakan akibat adanya *free surface area fluida* di dalam tangki. Efek ini sangat dikenal luas di kapal tanker atau kapal LNG. Berbagai perusahaan galangan kapal telah menggunakan berbagai cara untuk mengurangi efek *sloshing* ini. Salah satunya dengan menggunakan struktur anti *sloshing* (Ha, 2010). Dengan menggunakan desain *fixed baffles* yang baru untuk system pada kapal tanker diharapkan bisa mengurangi efek *sloshing*.

1.2. Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang ada terdapat pada latar belakang, maka diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana gaya gaya yang bekerja pada tangki kapal tanker 17500 DWT yang terjadi akibat sloshing.?

2. Bagaimana konfigurasi *baffles* yang efisien untuk diterapkan pada palka kapal tanker 17500 DWT sehingga meminimalisir sloshing?

1.3. Tujuan Skripsi

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Melakukan eksperimental simulasi karakteristik fluida setiap variasi peletakan *baffles* terhadap efek *sloshing* dengan bantuan *Computational Fluid Dynamic (CFD)*.
2. Mendapatkan konfigurasi *baffles* yang baik untuk diterapkan pada palka kapal tanker 17500 DWT sehingga meminimalisir sloshing?

1.4. Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada seluruh pihak yang terkait dengan penelitian tugas akhir ini dan terutama pihak yang terkait secara langsung, adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti

Memberikan ilmu pengetahuan dan sebagai sarana untuk meningkatkan penelitian yang lebih baik.

2. Bagi User

Memberikan alternatif desain *fixed baffles* yang sederhana, mudah, dan murah serta tidak mempengaruhi struktur kapal.

3. Bagi Dunia Pendidikan

Memberikan sarana sebagai penunjang dalam dunia pendidikan, khususnya di bidang Perkapalan.

1.5. Batasasn Masalah

1. Fluida bersifat *incompresibel*.
2. Tangki yang disederhanakan dalam bentuk rectangular (kotak) tanpa *corrugated* dan tanpa kontruksi profil di dalamnya
3. Sumbu rotasi *pithing dan heaving* pada dasar tangki
4. Gerakan *sloshing* yang dianalisa merupakan akibat dari gerakan *pitching dan rolling* kapal.
5. Variasi peletakan baffles ada dua dan pelubangan baffles
6. Fluida dalam ruang muat diasumsikan 50%
7. Jenis liquid dalam analisa fluida adalah sama

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Tentang Kapal Tanker

2.1.1 Pengertian Kapal Tanker

Kapal tanker adalah merupakan alat transportasi yang dikhususkan untuk mengangkut muatan minyak, kapal Tanker tidak hanya mengangkut minyak dari tempat pengeboran menuju darat, tetapi tanker juga digunakan sebagai alat transportasi untuk mengangkut minyak antar pelabuhan bahkan juga antar negara. Kapal tanker memiliki karakteristik khusus yang berbeda dengan kapal lainnya.

Karakteristik dari kapal tanker adalah :

1. Memiliki ukuran besar, khususnya untuk daerah pelayaran antar negara
2. Memiliki CB yang besar
3. Memiliki daerah paralel middle body yang panjang, sehingga lebih panjang dari kapal keseluruhan
4. Kapal tanker tidak memiliki sheer

Sedangkan tipe dari kapal tanker dibedakan menjadi :

1. Crude oil carriers, merupakan tanker untuk mengangkut minyak mentah dari tempat pengeboran
2. Product oil carriers, jenis dibedakan menjadi dua yaitu :
 - Clean Product (minyak putih), contohnya : bensin dan aftur
 - Dirty Product (minyak hitam), contohnya : aspal dan oli
3. Lightening vessels dan shuttle vessels, kapal tanker ini beroperasi pada daerah terpencil
5. Coastal tanker, kapal tanker ini penyusur pantai
6. Tank barges, adalah hanya tangki yang ditarik oleh tug boat.

2.1.2 STABILITAS

Stabilitas dikapal tanker menjadi pertimbangan tersendiri dalam perencanaannya, adapun salah satu faktor yang mempengaruhinya adalah stabilitas, stabilitas pada kapal tanker akan terganggu akibat adanya free surface muatan minyak di dalam tangki kapal. Ketika kapal mengalami oleng, muatan cair di dalamnya akan ikut bergerak mengikuti arah oleng kapal, hal ini akan berpengaruh buruk apabila perhitungan angka stabilitas yang tidak tepat. Adapun cara mengurangi pengaruh free surface minyak terhadap stabilitas adalah sebagai berikut :

1. Memasang sekat memanjang pada ruang muat. Adanya sekat ini akan membantu mengurangi luasan permukaan minyak, berfungsi untuk membatasi pergerakan cairan.
2. Pemasangan expansion trunk, expansion trunk merupakan sebuah ruang muat tambahan di atas geladak utama, dengan lebar yang lebih sempit sekitar 1/3 lebar kapal dan fungsinya sebagai pembatas ruang gerak

permukaan muatan cair. Cara ini biasanya terdapat pada kapal tanker ukuran kecil, tinggi expansion trunk sekitar 1.2 – 1.5 m. ruangan ini di kosongkan sekitar 2% - 3% untuk pemuatan minyak. Secara garis besar fungsi expansion trunk adalah sebagai berikut :

- a. Menambah volume ruang muat
- b. Mengurangi luas permukaan minyak
- c. Ekspansi.

Dalam hal ini yang sekarang banyak digunakan adalah untuk pemasangan sekat memanjang sebenarnya lebih menguntungkan daripada memasang expansion trunk. Kelebihan sekat memanjang antara lain adalah :

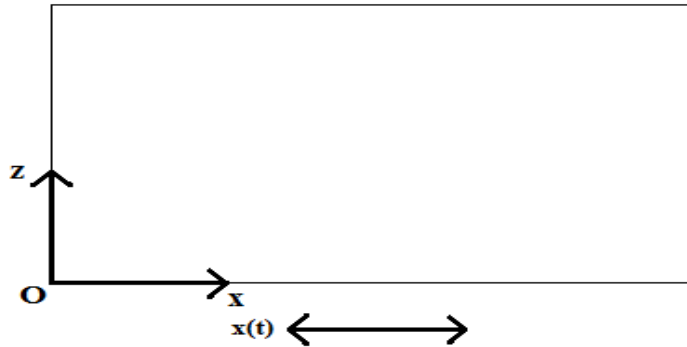
1. Konstruksi lebih sederhana, murah dan lebih baik.
2. Sekat memanjang membantu dikekuatan memanjang kapal, khususnya di ruang muat.
3. Instalasi pad pipa lebih sederhana.
4. Ruang akibat sekat memanjang di kedua sisi yang mendekati lambung biasa di sebut wing tank.

2.2 Pengertian Sloshing

Sloshing adalah fenomena fisik yang terjadi karena adanya gerakan osilasi pada permukaan bebas suatu fluida pada tangki yang terisi sebagian. Fluida diasumsikan incompressible dan alirannya irrotasional. *Sloshing* ini terjadi karena fluida bergerak secara transient/steady ditangki yang hanya terisi sebagian. Dalam kondisi yang sedemikian rupa permukaan bebas liquid bergerak dan menghempas dinding tangki. Sehingga timbulah gaya yang membahayakan pada struktur tangki, dimana akan berpengaruh pada keawetan konstruksi tangki. Pada pengoperasian suatu kapal yang memiliki sistem tangki harus memiliki kemampuan untuk berbagai level pengisian tanpa harus terjadi kerusakan yang disebabkan impact pressure akibat *sloshing*. Menurut Mikelis dan Journey (1984) usatu liquid yang ada didalam tangki yang terisi sebagian mampu menyebabkan terbentuknya pressure yang bekerja pada bagian dinding tangki. Untuk mengetahui gerakan liquid dan pengaruh pressure terhadap tangki kapal yang terisi sebagian mereka menggunakan permodelan 2 dimensi. Dalam penelitian ini kami akan menggunakan permodelan 3 dimensi.

2.2.1 Sloshing Motion

Pergerakan cairan (*Sloshing*) dan struktur yang dikenainya merupakan permasalahan yang amat penting. Pada umumnya *sloshing* merupakan satu kesatuan dengan pergerakan dari tangki muat karena *sloshing* terjadi karena ada pergerakan tangki. Namun disisi lain, ada juga beban luar yang menyebabkan efek lain pada keduanya. Jadi ketika sebuah kapal terkena oleh gelombang dari luar, hal itu akan mempengaruhi *sloshing* pula. Dalam hal ini, *sloshing* dan gelombang laut terjadi aksi reaksi terhadap tangki muat.



Gambar.2.1 Ilustrasi gaya pada *sloshing*

Dengan menggunakan pendekatan gaya yang terjadi pada badan (dinding) tangki, jauh lebih sederhana. Displasemen tangki digambarkan dalam sebuah inersia (X, Z) sistem koordinat dengan asal O diberikan oleh persamaan sebagai berikut:

$$X_{x,z} = \sin(\omega t) \dots (1)$$

dengan asumsi displasemen tangki adalah sinusoidal dengan sistem sumbu x dan sumbu o (x, z). Oleh karena itu percepatan tangki diorelatif terhadap (X, Z) diberikan sebagai:

$$\ddot{X}_{x,z} = -\omega^2 \sin(\omega t) \dots (2)$$

Dengan mempertahankan notasi yang sama, displasemen dari tangki diamati pada relatif O ke o adalah seperti dalam persamaan 3:

$$X_{x,z} = -\sin(\omega t) \dots (3)$$

Atau sama dengan persamaan berikut:

$$\ddot{x}_{x,z} = \omega^2 \sin(\omega t) \dots (4)$$

Oleh karena itu, gerakan yang sama, tangki berosilasi secara periodik, dapat dijelaskan baik di dalam masalah seperti yang ditunjukkan dalam persamaan (3), serta menggunakan sistem referensi eksternal. Ini adalah inti dari pendekatan kekuatan tubuh. Dengan menerapkan percepatan tambahan untuk domain adalah mungkin untuk mensimulasikan gerakan *sloshing* tanpa harus memindahkan grid relatif terhadap sistem referensi inersial. Persamaan 4 menggunakan gerakan sinusoidal, tetapi setiap gerak tak beraturan dapat disimulasikan dengan memecah menjadi komponen-komponen percepatan Cartesian mereka dan menggunakan deret Fourier. Penggunaan persamaan momentum Navier Stokes *incompressible* untuk lebih sederhana adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \cdot \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} + b_i \dots (5)$$

b_i vektor terakhir berisi komponen kekuatan tubuh, misalnya gravitasi $g = (0, 0, 9.81)$ diterapkan pada sistem diatur oleh persamaan 5. Untuk kasus ini, persamaan momentum akan kemudian dimodelkan sebagai dengan \ddot{X} hasil turunan dari persamaan 6.

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \cdot \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} + (\ddot{x}_{x,z}, 0, 9.81) \dots (6)$$

Dengan persamaan diatas, pendekatan yang dilakukan dalam menghitung gaya yang terjadi pada dinding tangki dapat dilakukan dengan lebih sederhana, ketika membuat meshing yang digunakan untuk memodelkan tangki. Pendekatan gaya pada dinding tangki adalah diperoleh dari data tentang kecepatan/percepatan, volume/displasemen yang digunakan sebagai input (Rudman dan Paul, 2009).

2.2.2 Anti Sloshing

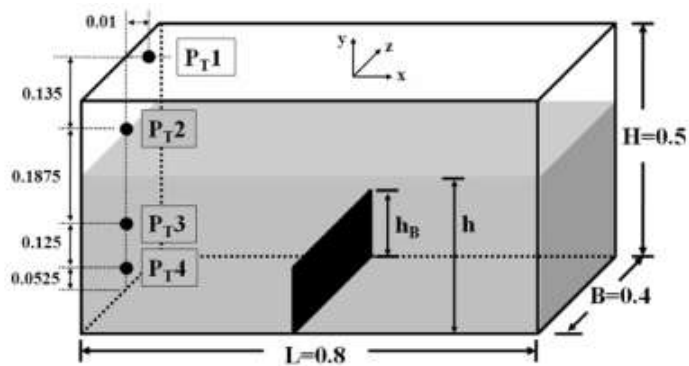
Dalam penggunaan anti sloshing pada sebuah tangki dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu *Fixed anti sloshing* dan *Floating anti sloshing*. Teknologi anti *sloshing* pada tangki umumnya dikembangkan oleh perusahaan besar yang berkecimpung dalam pengiriman fluida, maupun galangan kapal.

Samsung mengembangkan anti rolling tank pada kapal tanker. Anti rolling tank dilengkapi dengan baffles secara vertical setinggi tanki rolling (Hong, 2011).

Berbagai percobaan dan pemodelan sloshing juga telah diteliti, bentuk tangki yang kotak dan prisma juga akan menghasilkan karakteristik tekanan *sloshing* yang berbeda, analisis ini cocok untuk tangki muat yang dibuat baru. Karakteristik atau perilaku tekanan *sloshing* juga berbeda pada arah *baffles* kombinasi horizontal dan vertical dengan *ring baffles*, percobaan ini menggunakan struktur yang tetap pada tangki.

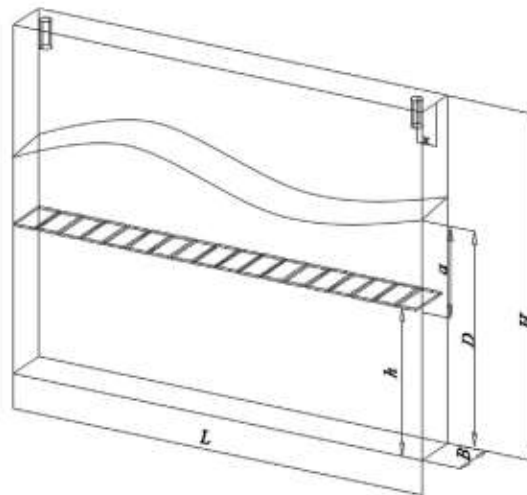
Tekanan pada *sloshing* bisa menginduksi gerakan kapal dan menimbulkan moment tambahan selain moment yang diakibatkan oleh gelombang laut. Efek sloshing akan terjadi dengan tekanan induksi yang bersifat merusak bila perbandingan antara udara dan fluida didalam tangki antara 10 % sampai 95% kasus pada kapal tanker dengan muatan LNG. Selain itu pengaruh 6 derajat kebebasan gerak kapal dan kombinasinya juga turut andil dalam mempengaruhi besar atau kecilnya kekuatan induksi dari sloshing. Dari beberapa artikel diatas terbukti bahwa gerakan kapal dan sloshing fluida didalam tangki saling mempengaruhi.

Penggunaan baffles arah vertikal pada tangki fluida berbentuk kotak merupakan teknik bersifat pasif dan termasuk struktur yang tetap didalam tangki yang terbukti mampu secara efisien mengurangi gelombang sloshing di dalam tangki (Belakroum R., et al, 2010). Pengaruh tinggi vertical baffles pada sebuah tangki juga dapat mempengaruhi gelombang vortex sloshing. Semakin tinggi vertical baffles semakin kecil gelombang vortex sloshing dan efek tekanan tumbukan *sloshing* juga berkurang (Jung JH, et al, 2012).



Gambar 2.2 Sistem baffles arah Vertikal dengan variasi tinggi(Jung JH, et all, 2012)

Pengaruh *baffles* yang diletakkan secara horizontal dan berada ditengah ketinggian fluida serta mempunyai dimensi dan pola jarak pelubangan juga terbukti dapat mengurangi efek *sloshing*(Jin Heng, et all, 2014)..



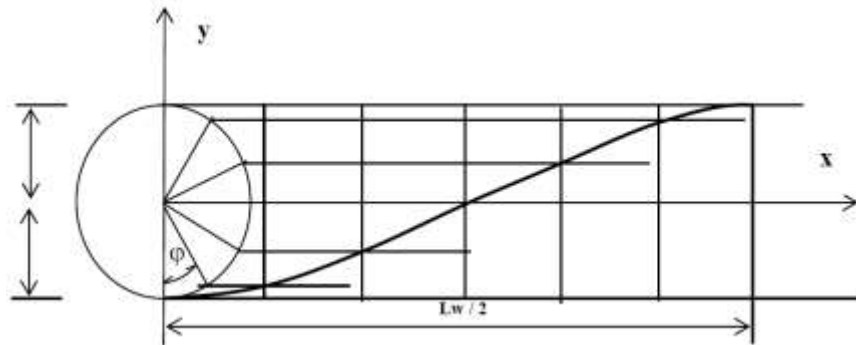
Gambar 2.3 Sistem Horisotal *Baffles* pada tengah tangki(Jin Heng, et all, 2014)

Efek *sloshing* yang diakibatkan oleh muatan pada kapal Tanker mempunyai hubungan yang sangat berpengaruh pada stabilitas kapal. Gerakan air laut yang naik diatas dek dikarenakan gerakan gelombang juga merupakan efek *sloshing*. Hal ini sangat mempengaruhi stabilitas kapal tanker. Dari beberapa artikel diatas menunjukkan bahwa stabilitas kapal Tanker sangat kompleks selain dipengaruhi oleh gelombang, angin, juga oleh *sloshing* fluida di dalam ruang muat.

2.3 Gelombang sinusoidal

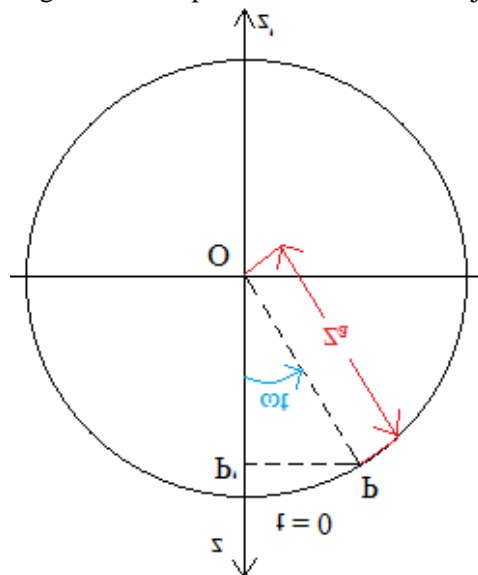
Pergerakan suatu kapal erat kaitannya dengan pengaruh gelombang. Gelombang yang terjadi pada kondisi sebenarnya ialah acak, namun sangatlah sulit diterapkan perhitungan gelombangnya. Dengan demikian perlu kiranya mengetahui gerakan harmonis sebelum melangkah ke gerakan yang lain, yakni acak.

Batasan masalah yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini adalah gelombang regular, yaitu gelombang sinusoidal. Gelombang sinusoidal adalah gelombang harmonik yang mengikuti fungsi sinus, bagian puncak dan lembah gelombang mempunyai bentuk yang sama.



Gambar.2.4 Gelombang Sinusoidal (Bhattacharrya, 1978)

Pada gambar diatas tentang gelombang sinusoidal dapat dijelaskan bahwa proyeksi dari gelombang adalah sebuah lingkaran yang memiliki sudut yaitu ωt dan pada tiap gelombang pada fungsi t . dengan asumsi titik p sebagai vektor dari lingkaran. Sehingga lingkaran ini dapat disederhanakan menjadi gambar berikut:



Gambar. 2.5 Definisi *Simple Harmonic Motion* (Bhattacharrya, 1978)

Penjelasan gambar diatas memperlihatkan harga titik pusat O terhadap P', sebagai berikut :

$$(OP') = z = z_a \cos \omega t$$

$$\text{Kecepatan dari } P' = v = \dot{z} = -z_a \sin \omega t \quad (7)$$

$$\text{Percepatan dari } P' = \alpha = \ddot{z} = -z_a \omega^2 \cos \omega t \quad (8)$$

Periode dari gerakan adalah waktu yang dibutuhkan dari P' untuk mencapai z' dari titik z dan bergerak ke z lagi dalam satu kejadian, sama dengan waktu yang dibutuhkan untuk P untuk membuat putaran lengkap, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Periode} = T = \frac{2\pi Z_a}{\omega Z_a} = \frac{2\pi}{\omega} \quad (9)$$

Dengan frekuensi karakteristik $f = \frac{1}{T}$

Sehingga frekuensi sudutnya adalah $\omega = \frac{2\pi}{T}$

Ditulis didalam buku *Applied Naval Architecture* dijelaskan bahwa kecepatan panjang gelombang dan periode gelombang diperhitungkan :

$$T_w = \sqrt{\frac{2\pi L_w}{g}} \quad \text{dan} \quad (10)$$

$$\omega_w = \sqrt{\frac{2\pi g}{L_w}} \quad (11)$$

dimana,

T_w = Periode Gelombang (s)

ω_w = Frekuensi Gelombang (Hz)

g = Gravitasi (m/s^2)

$$L_w = \frac{g T_w^2}{2\pi} \quad (12)$$

$$V_w = \frac{L_w}{T_w} \quad (13)$$

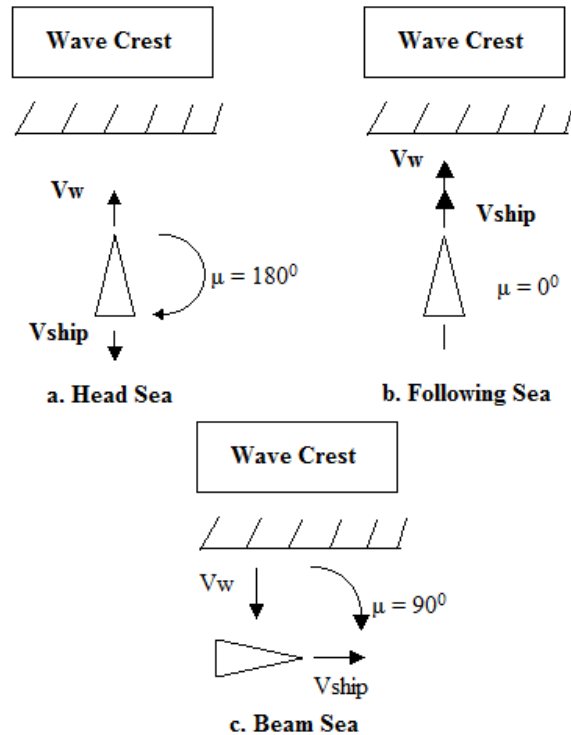
dengan :

V_w = kecepatan gelombang (m/s)

L_w = panjang gelombang (m)

2.4 Arah Kapal Terhadap Arah Gelombang

Selain faktor gelombang, terdapat juga faktor gelombang papasan, dimana gelombang tersebut berpapasan terhadap kapal. Sebagai gambaran arah kapal terhadap arah datang gelombang untuk kondisi *head sea*, *following sea* dan *beam sea* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar. 2.6 Definisi arah kapal terhadap arah datang gelombang (Bhattacharrya, 1978)

Dalam fenomena pergerakan kapal, gerakan kapal ke depan atau sebaliknya yang dipengaruhi gelombang ketika dipandang oleh seseorang yang berada di dalam kapal jika kapal tersebut membuat gerakan di laut dengan kecepatan konstan, maka gelombang akan muncul untuk kapal itu sendiri pada tingkat lebih cepat daripada aktual frekuensi gelombang laut yang dihadapinya. Frekuensi yang diamati tersebut disebut *encounter frequency* Seperti halnya gelombang, encounter frequency terdiri dari periode *encounter* (T_e), yaitu sama dengan waktu yang diperlukan suatu kapal untuk bergerak dari satu puncak gelombang ke puncak gelombang lainnya. Periode *encounter* merupakan fungsi dari periode gelombang (T), kecepatan kapal (V), dan sudut *encounter* (μ). Periode *encounter* ini menunjukkan bagaimana kapal berhadapan dengan gelombang dan pengaruh apa yang ditimbulkannya. Pada kebanyakan perhitungan kapal periode *encounter* ini digunakan sebagai ganti periode gelombang. Sudut *encounter* (μ) adalah sudut antara gerakan gelombang dengan lintasan kapal, yang diukur dari arah gelombang searah dengan jarum jam. Dalam ilustrasinya dapat diperlihatkan sebagai berikut:

$$T_e = \frac{L_w}{V_w - V \cos \mu} \quad (14)$$

$$\omega_e = \omega_w \left(1 - \frac{V}{V_w} \cos \mu \right) \quad (15)$$

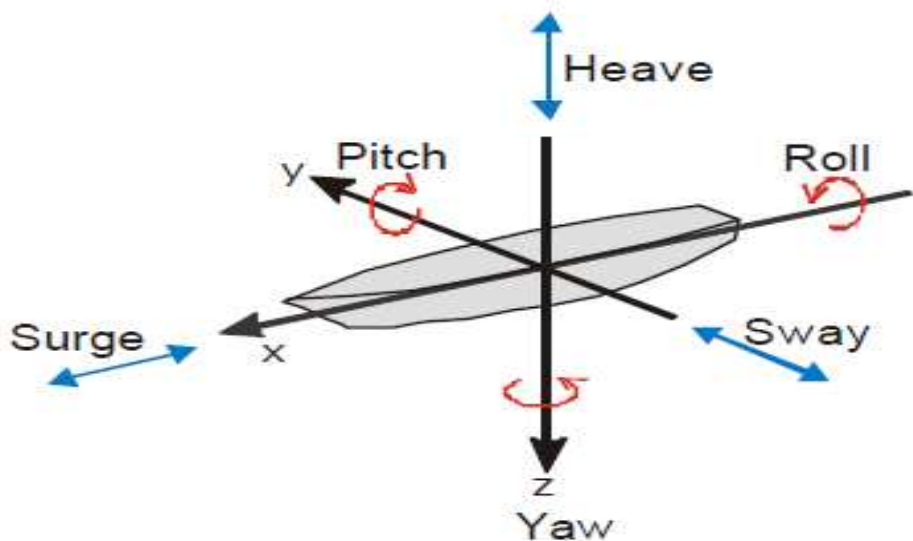
dengan :

T_e	= Periode Encountering (s)
V_w	= Kecepatan Gelombang (m/s)
V	= Kecepatan Kapal (<i>knot</i>)
μ	= Sudut datang Gelombang
ω_e	= Frekuensi encountering (rad/sec)
L_w	= Panjang Gelombang (m)
g	= Gravitasi (m/s^2)

2.5 Gerakan Kapal

Gerakan kapal dilaut lepas sangat penting untuk diprediksi. Macam gerakan osilasi pada kapal, memiliki enam derajat kebebasan yaitu *surging*, *swaying*, *heaving*, *rolling*, *pitching*, *yawing*. Enam derajat kebebasan dapat dibedakan menjadi dua macam olah gerak, yaitu translasional dan rotasional sebagai berikut:

1. Mode Gerak Osilasi Rotasional
 - *Rolling*, gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu x
 - *Pitching*, gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu y
 - *Yawing*, gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu z
2. Mode Gerak Osilasi Translasional
 - *Surging*, gerakan osilasi translasional terhadap sumbu x
 - *Swaying*, gerakan osilasi translasional terhadap sumbu y
 - *Heaving*, gerakan osilasi translasional terhadap sumbu z



Gambar. 2.7 Macam gerak kapal sesuai sumbunya

Hanya tiga gerakan yaitu *heaving*, *rolling* dan *pitching* yang merupakan gerakan osilasi karena gerakan – gerakan ini terjadi karena pengaruh gaya pengembali (*damping force*) pada saat kapal berubah dari posisi keseimbangannya. Pada kasus *surging*, *swaying* maupun *yawing* kapal tidak kembali pada posisi keseimbangan awal kecuali jika gaya atau moment yang menyebabkan perubahan bekerja dari arah yang berlawanan.

2.6 Software

Dalam pengerjaan simulasi pada peletakan baffles di dalam tangki menggunakan beberapa software antara lain adalah :

2.6.1 Solidwork

Solidworks adalah salah satu software yang digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part pemesinan yang berupa assembling dengan tampilan 3d untuk mempresentasikan part sebelum real partnya dibuat atau tampilan 2D(drawing) untuk gambar part pada kapal.

SolidWork Model (Templates)

SolidWork terdiri dari beberapa bagian :

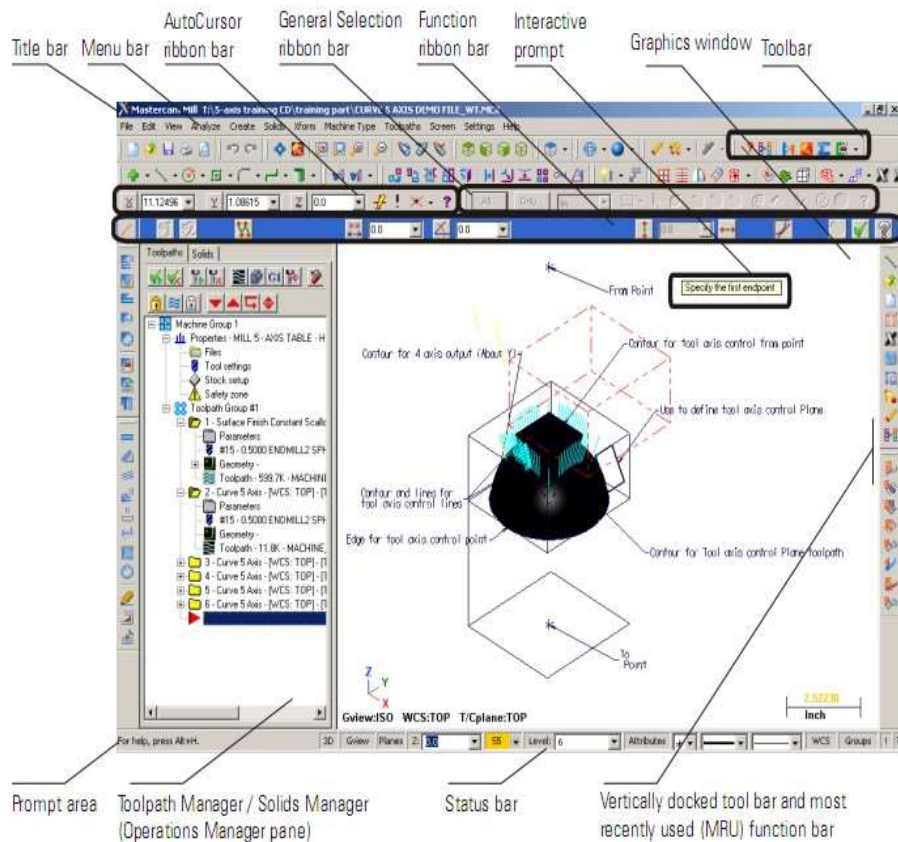
1. Part adalah sebuah objek 3D yangv terbentuk dari beberapa fitur . Sebuah Part dapat menjadi sebuah komponen pada suatu assembly, dan biasa juga digambarkan dalam bentuk 2D pada sebuah drawng. Fitur adalah benukan operasi-operasi yang membentuk Part. Base Feature adalah fitur yang pertama kali dibuat.Ekstensi File SolidWork adalah SLDPRT
2. Assembly adalah sebuah dokumen dimana part, feature dan assembly lain (Sub Assembly) disatukan bersama. Ekstensi file untuk SolidWork Assembly adalah SLDASM
3. Drawing adalah gambaran 2D dari sebuah 3D part maupun assembly, ekstensi File untuk Solidwork Drawing adalah SLDDRW

View Orientasi

view orientasi adalah tool yang akan mengatur orientasi view dari model yang sedang kita kerjakan (Front View, Top View , Right View, Bottom View, Back View, Iso Metric, Dimetric ataupun Trietric) . Untuk menampilkan View orientasi bisa menggunakan tombol Ctrl + 1, Ctrl + - 7.

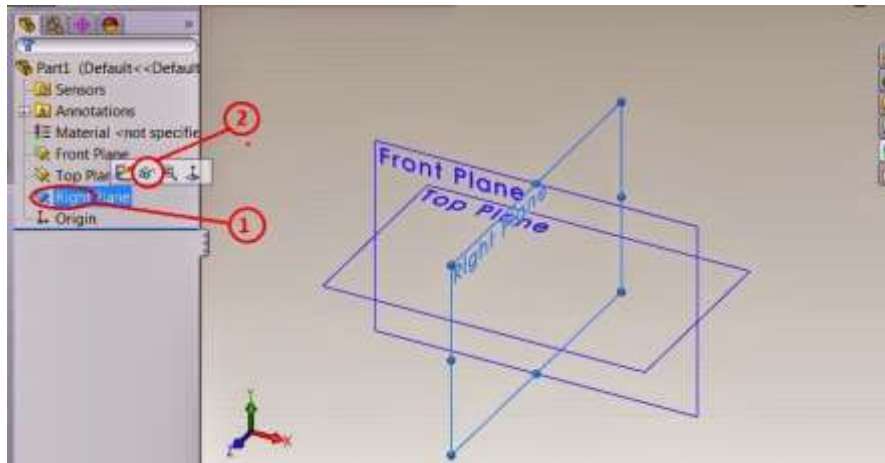
Didalam membuat suatu pemodelan 3D menggunakan Solidwork 2013, maka tahapan awal yang kita buat adalah membuat sketsa gambar dari object desain atau model yang akan kita buat . Proses pembuatan sketsa secara umum dilakukan pada bidang(Plane) front Plane, dan Right Plane, atau bisa juga pada bidang tertentu lainnya tergantung kepada bagian fitur-fitur dari obyek desain yang akan kita buat.

proses sketsa dengan sketch entities atau sketch toolbar untuk melakukan proses peng-sketsaan menggunakan sketch Entities atau sketch tool dapat dilakukan dengan tahapan proses sebagai berikut. klik **Sketch** pada command Manager untuk memunculkan Sketch toolbar



Gambar 2.8 Layout software solid work (manual book solidwork)

Ketika kita meng-klik salah satu perintah pada sketch toolbar maka secara otomatis kita akan diminta untuk menentukan bidang(plane) yang menjadi acuan. didalam teori mekanikal engineering design bidang acuan ini bisa diartikan sebgai bentuk pandangan dari suatu obyek esain. tampilan perintah yang diminta oleh program solidwork untuk menentukan bidang gambar sketsa dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 2.9 : Bagian bidang gambar (Plane)

2.6.2 Computational Fluid Dynamic (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD), merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari *CFD* adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas.

Ada beberapa keuntungan dari CFD berdasarkan pendekatan eksperimen untuk desain sistem fluida antara lain:

1. Meminimumkan biaya dan waktu dalam mendesain suatu produk, jika proses desain tersebut dilakukan dengan uji eksperimen dengan akurasi tinggi.
2. Mempunyai kemampuan sistem studi yang dapat mengendalikan percobaan yang sulit atau tidak mungkin dilakukan melalui eksperimen.
3. Mempunyai kemampuan untuk sistem studi di bawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan skenario kecelakaan).
4. Keakuratannya akan selalu dikontrol dalam proses desain.

Aplikasi dari *CFD* untuk penyelesaian masalah aliran dan untuk mendapatkan optimasi desain pada propeller telah mengalami kemajuan cukup pesat pada akhir-akhir ini. Bahkan pada saat ini teknik *CFD* merupakan bagian dari proses desain dalam diagram spiral perancangan. *Computational Fluid Dynamics* terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

1. Pre Processor : Pre Processor meliputi input dari masalah aliran yang akan dianalisa pada program CFD

2. Solver Manager : Pada tahap ini, solver dibedakan menjadi tiga jenis, FEM (*Finite Element Method*), FVM (*Finite Volume Method*), FDM (*Finite Difference method*)
3. Post Processor : Pada step ini akan ditampilkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Hasil perhitungan dapat dilihat berupa data numerik dan data visualisasi aliran fluida pada model. Data numerik yang diambil adalah data nilai variabel sifat fluida.

Kemampuan CFD dan pesatnya perkembangan kecepatan komputasi telah membuat penggunaan CFD sebagai alat untuk mendapatkan solusi dalam dunia engineering. Penggunaannya telah meliputi area yang luas pada industri dan aplikasi-aplikasi keilmuan.

CFD dapat digunakan untuk menghasilkan prediksi kualitatif dan terkadang bahkan prediksi kuantitatif dalam aliran fluida, hal ini banyak dilakukan dengan menggunakan beberapa metode:

- a. Model matematika (Persamaan Diferensial Parsial), khususnya memecahkan persamaan Navier-Stokes
- b. Metode numerik (diskritisasi dan teknik solusi)
- c. Tools Perangkat lunak (*solvers, tools pre- dan postprocessing*)

CFD digunakan oleh para ilmuwan dan engineer untuk melakukan sebuah eksperimen numerik dalam sebuah virtual laboratorium. Dalam karakteristik aliran, CFD dapat memperlihatkan pola-pola aliran yang lebih detail dan akurat yang akan sulit dan mahal, bahkan tidak mungkin dilakukan dengan menggunakan teknik eksperimen. CFD memiliki kemampuan untuk sistem studi di bawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan skenario kecelakaan). Salah satu contoh aplikasi yang telah dilakukan adalah dalam analisa mendapatkan gaya-gaya dan efek dari sebuah riset yang memiliki sangat panjang dan berada didalam laut dalam.

Schowalter, dkk menyatakan bahwa toleransi kesalahan dalam pen-skalaan dapat dikurangi dengan adanya CFD. Dalam area penelitian yang berbeda, penerapan CFD dilakukan sebagai pembanding dengan eksperimen apabila memungkinkan dilakukan eksperimen dan menjadi superior dalam hal eksperimen sangat sulit atau bahkan tidak mungkin dilakukan.

Dalam hal prediksi sebuah fenomena aliran, maka CFD dapat digunakan untuk mendapatkan kuantitas yang diinginkan dengan resolusi yang tinggi untuk setiap bagian dan waktu. Pemanfaatan CFD juga digunakan sebagai metode untuk menyederhanakan (secara virtual) permasalahan dengan kondisi- kondisi operasi yang realistis dan tetap pada domain aliran yang aktual.

2.6.3 Response Amplitudo Operator

Metode spectra merupakan cara untuk mengetahui suatu respon struktur akibat beban gelombang regular dalam tiap-tiap frekuensi. Response Amplitude Operator (RAO) atau sering disebut sebagai *Transfer Function* adalah fungsi respon yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi yang mengenai

struktur *offshore*. RAO dapat juga didefinisikan sebagai hubungan antara amplitudo respon terhadap amplitudo gelombang. Dapat dinyatakan dengan bentuk matematis yaitu ($\zeta_{\text{respon}} / \zeta_{\text{gelombang}}$).

Amplitudo respon bisa berupa gerakan, tegangan, maupun getaran. RAO juga disebut sebagai *Transfer Function* karena RAO merupakan alat untuk mentransfer beban luar (gelombang) dalam bentuk respon pada suatu struktur. Bentuk umum dari persamaan RAO dalam fungsi frekuensi adalah sebagai berikut :

$$S_{\phi}(\omega_e) = S_{\zeta}(\omega_e) |H(\omega_e)|^2 \quad (19)$$

$$S_{\phi} = S_{\zeta}(\omega_e) \left[\frac{\Phi_a}{S_{\zeta}} \right]^2 \quad (20)$$

$$\text{RAO} = \left(\frac{\text{amplitudo respon gerakan}}{\text{amplitudo gelombang}} \right)^2 = \left(\frac{\Phi_a}{S_{\zeta}} \right)^2 \quad (21)$$

dimana,

$S_{\zeta}(\omega_e)$: Fungsi densitas spectrum gelombang [$\text{m}^2\text{-det}$]

$S_{\phi}(\omega_e)$: Fungsi densitas spectrum respon gerakan [$\text{m}^2\text{-det}$]

S_{ϕ} : Spektrum respon gerakan [m]

$|H(\omega_e)|^2$: Response Amplitude Operator (RAO)

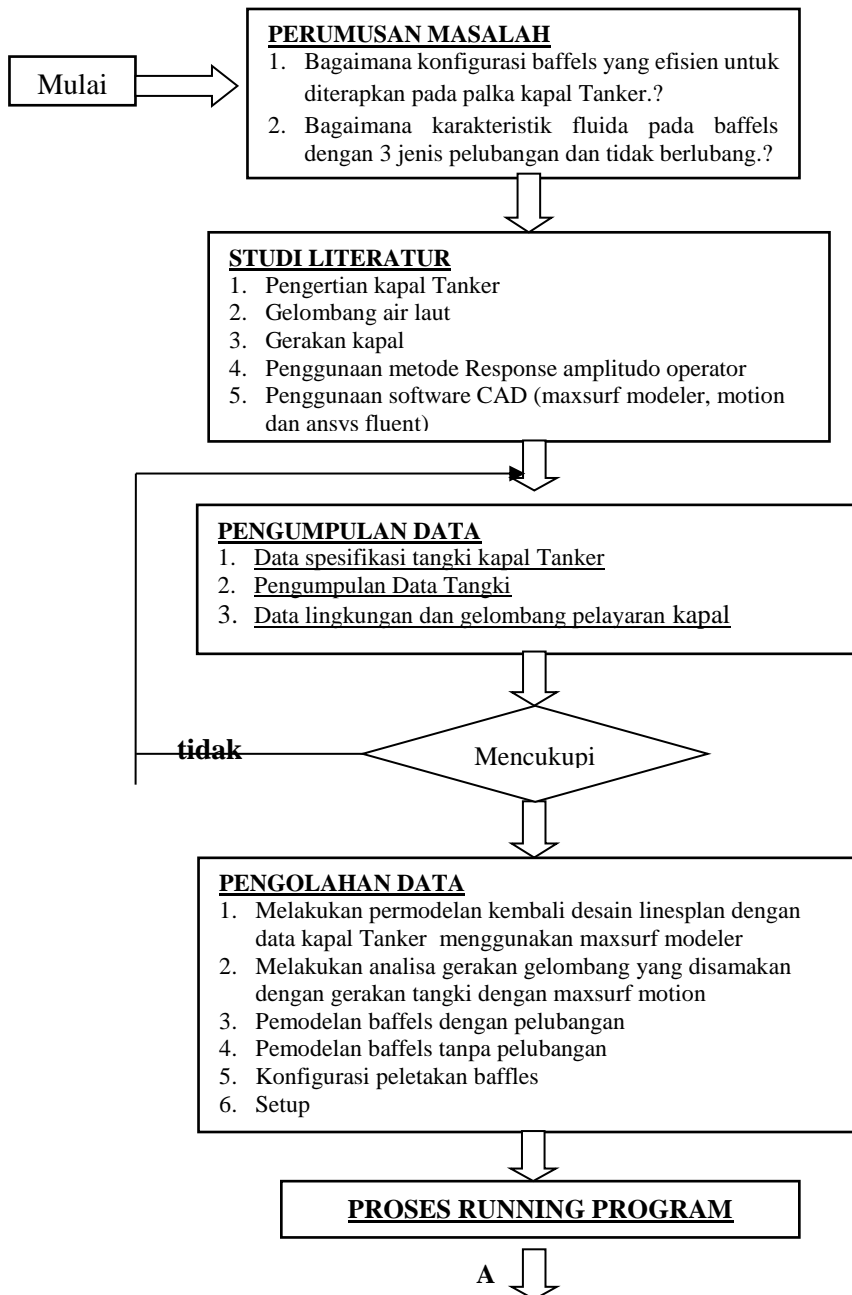
Φ_a : Amplitudo respon gerakan [m] atau [deg]

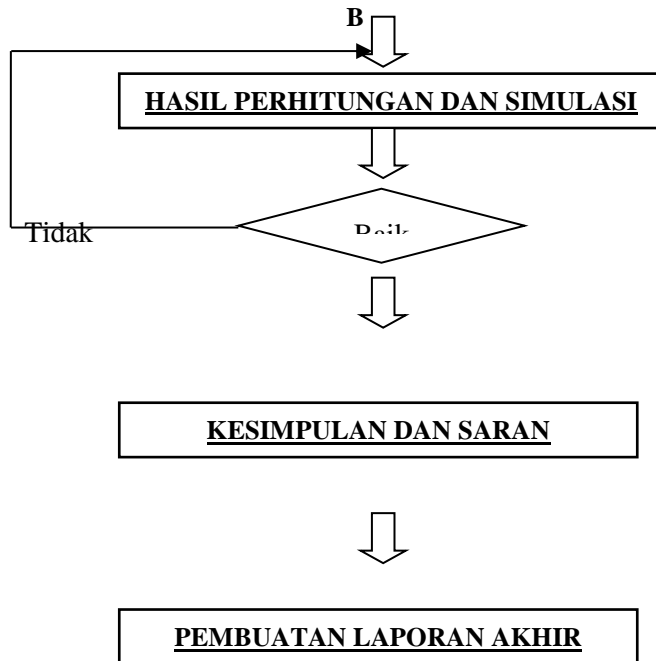
ζ_a : Amplitudo gelombang [m]

BAB III METODOLOGI

METODOLOGI PENELITIAN

Paper ini dibagi dalam beberapa tahap yaitu perumusan masalah, studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, pemodelan tangki, proses running





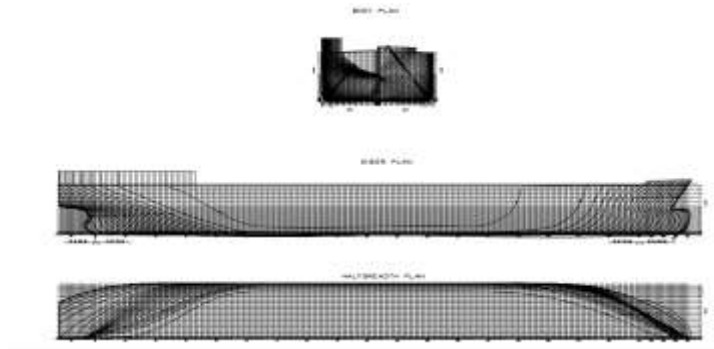
3.1 PENGUMPULAN DATA

3.1.1 Data Primer

Data primer diperoleh dari studi lapangan yang dilakukan untuk pengumpulan data dilakukan dengan bertanya secara langsung dan wawancara kepada pihak-pihak yang terkait dalam penelitian ini.

Data – data yang dikumpulkan meliputi :

Loa	=	157,00 m
LBP	=	149,50 m
B	=	27,7 m
H	=	12,00 m
T	=	7,00 m
Displacement	=	17500 ton
Cb	=	0,76
Vs	=	13.00 Knots



Gambar 3.1 *Lines Plan* Kapal Tanker 17500 dwt

3.1.2 Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian mengenai perhitungan dinamika kapal, seperti halnya perhitungan gelombang, RAO, frekuensi gelombang dan persamaan gerak *pitching*. Selain itu data berupa manual book untuk membantu penggunaan *software* pemodelan dan *software* CFD.

3.2 PENGOLAHAN DATA

Dari data - data yang didapatkan kemudian diambil data yang paling baik untuk menentukan desain *fixed baffles* yang akan dipasang pada palka kapal tanker 17500 DWT. Tahapan pengolahan data tersebut meliputi :

3.2.1 Parameter Penelitian

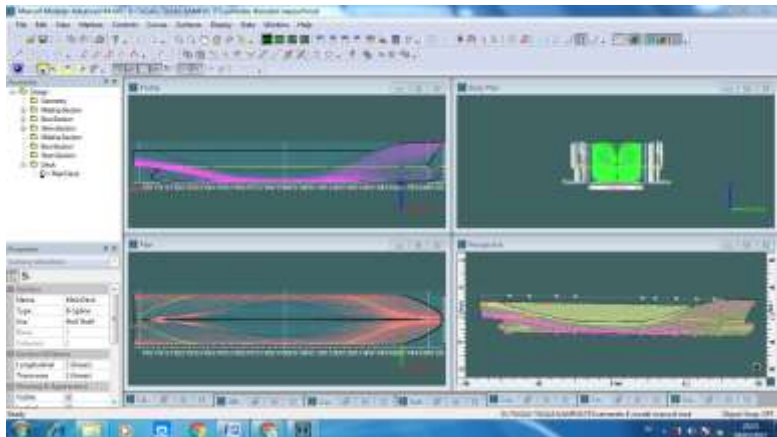
Penelitian ini difokuskan pada efek yang ditimbulkan oleh variasi peletakan *baffles* terhadap gerakan kapal. Penelitian ini disimulasikan untuk mengetahui karakteristik dari setiap variasi peletakan.

Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut:

1. Parameter Tetap
 - Bentuk dan ukuran tangki
 - Bentuk dan ukuran baffles
 - Tinggi fluida
 - Pelubangan pada *Baffles*
2. Parameter Pengubah
 - Konfigurasi peletakan *Baffles*

3.2.2 Pembuatan Model Linesplan

Pembuatan linesplan dan tangki dapat dilakukan dengan bantuan software maxsurf. Tujuannya adalah dengan ukuran tangki yang lokasinya presisi pada general arrangement dapat dicari gerakan kapal dengan bantuan software seakeeper melalui linesplan yang telah didesain. Kemudian dengan gerakan tersebut dijadikan sebagai gerakan tangki yang ada di dalam kapal Tanker 17500 DWT. Adapun pembuatan model pada software maxsurf yaitu dengan menggunakan beberapa surface sehingga terbentuk lambung kapal yang menyerupai general arrangement dan memiliki perhitungan hydrostatic yang hampir sama.

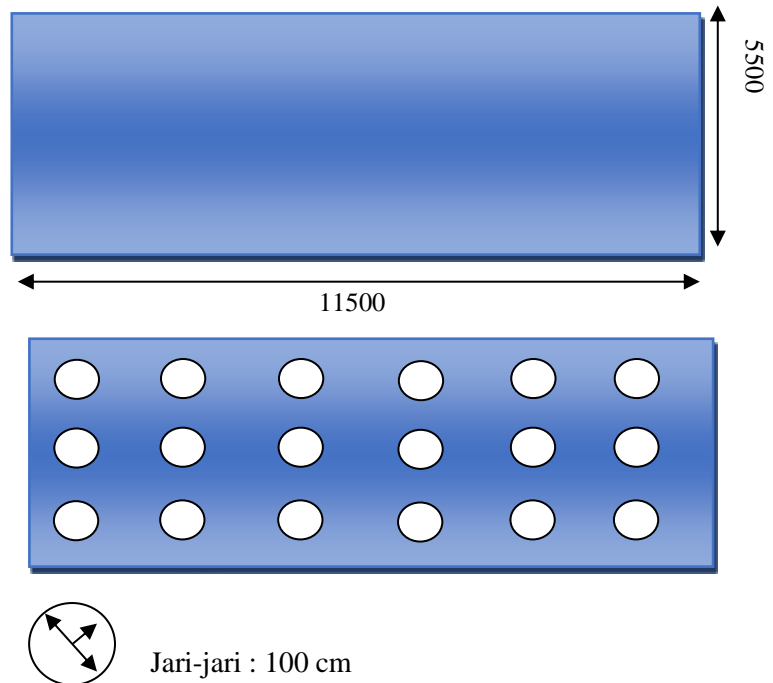


Gambar 3.2 Model Linesplane dengan maxsurf

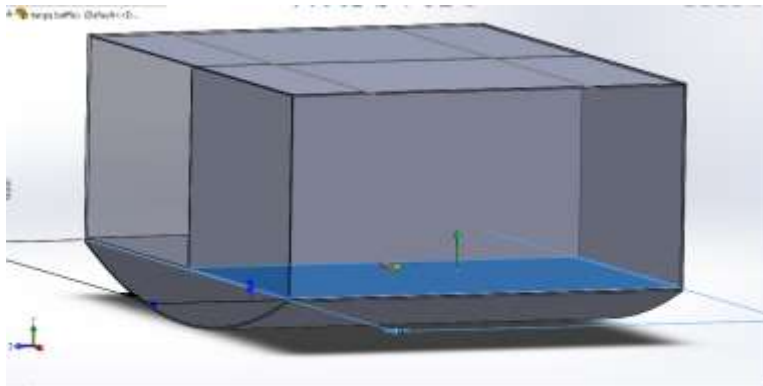
3.2.3 Pembuatan Model Tangki

- Membuat *fixed baffle* tanpa pelubangan dan membuat pelubangan pada *baffles* berbentuk lingkaran
- Membuat model bentuk tangki untuk kemudian diletakkan *baffles* di dalamnya
- Membuat variasi peletakan *baffles* : 1 *baffles* di bagian tengah tangki, 2 *baffles* di bagian dasar tangki, 1 *baffles* berlunag di tengah tangki, 2 *baffles* berlubang di bagian dasar tangki

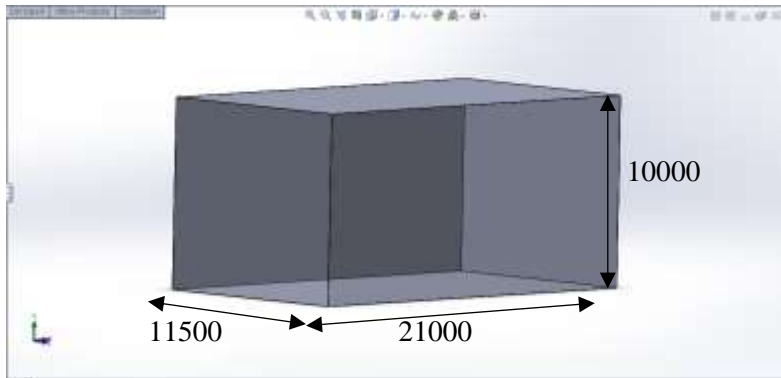
A. Dimensi *Baffles*



B. Tangki Tanpa *Baffles*

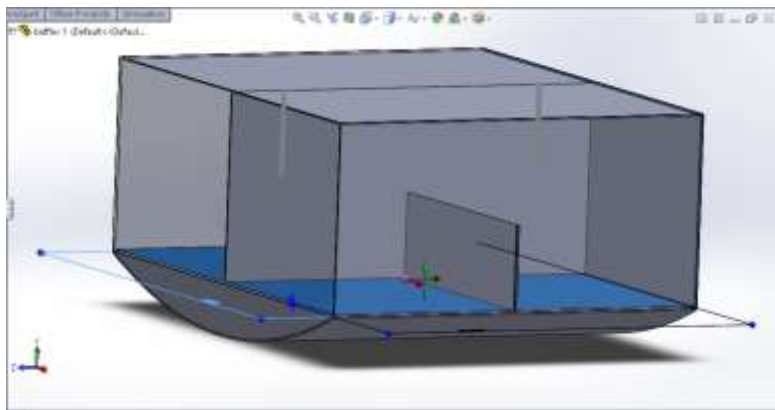


Gambar 3.3 Tangki Tanpa *Baffles*

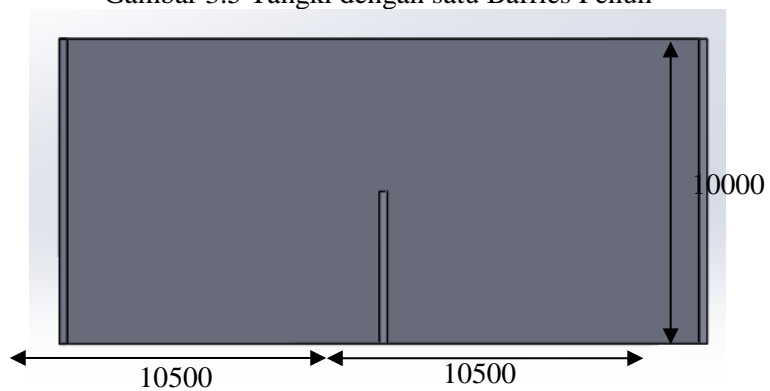


Gambar 3.4 Dimensi Tangki Tanpa *Baffles*

C. Tangki dengan Satu *Baffles*

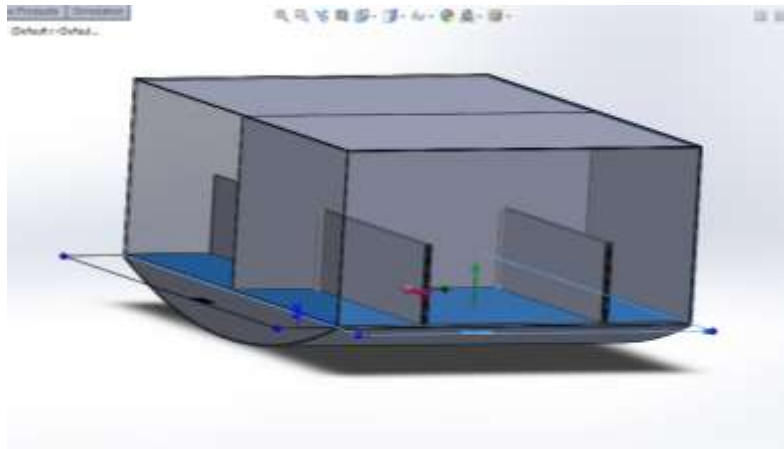


Gambar 3.5 Tangki dengan satu *Baffles* Penuh

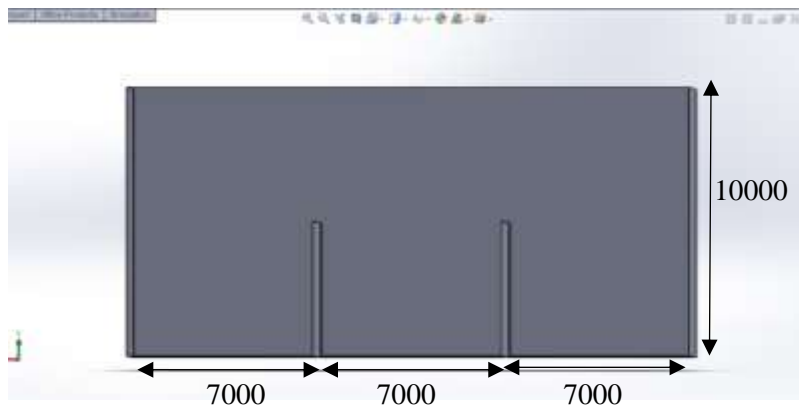


Gambar 3.6 Dimesi peletakan satu *Baffles* Penuh

D. Tangki dengan Dua *Baffles* Penuh

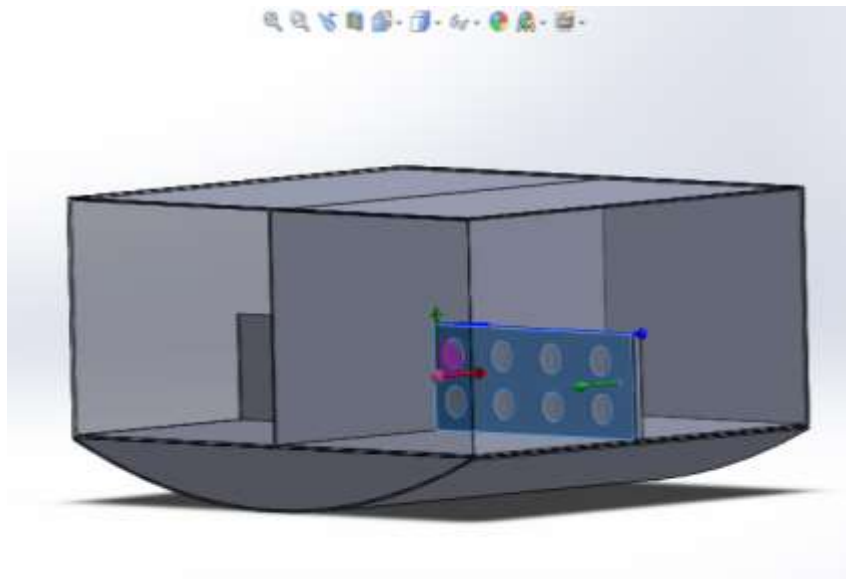


Gambar 3.7 Tangki dengan dua *Baffles* Penuh

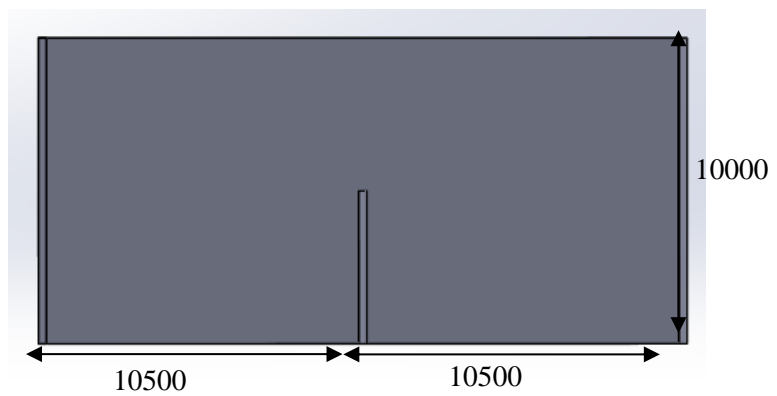


Gambar 3.8 Dimensi peletakan dua *Baffles* Penuh

E. Tangki dengan Satu *Baffles* Berlubang

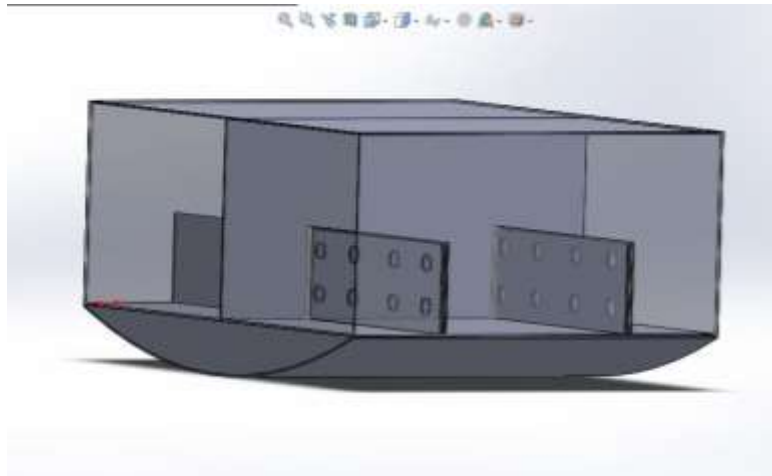


Gambar 3.9 Tangki dengan satu *Baffles* Berlubang

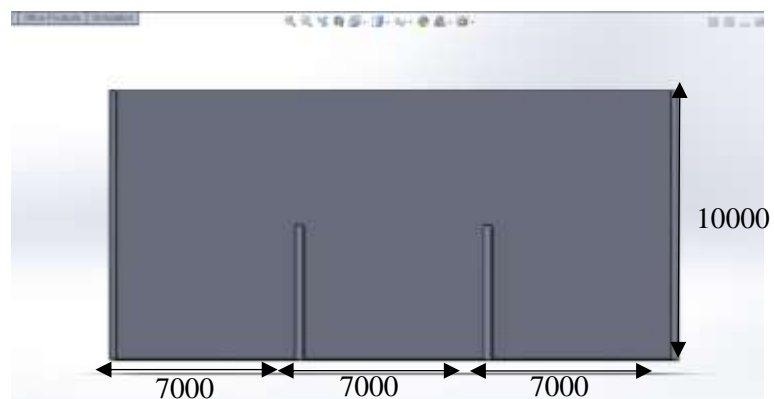


Gambar 3.10 Dimensi peletakan satu *Baffles* Berlubang

F. Tangki dengan Dua *Baffles* Berlubang



Gambar 3.11 Tangki dengan dua *Baffles* berlubang



Gambar 3.12 Dimensi peltakan dua *Baffles* berlubang

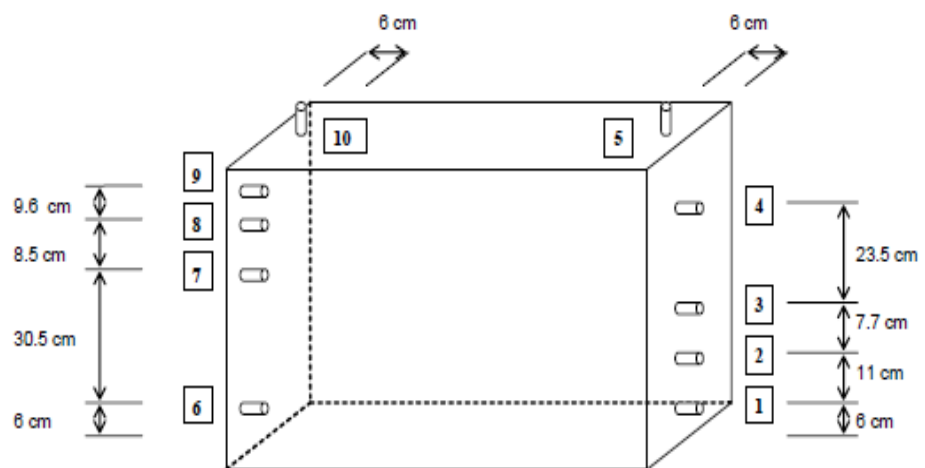
3.2.4 Simulasi pada *Computational Fluid Dynamic (CFD)*

Dalam simulasi model CFD, beberapa hal yang dilakukan adalah:

- a. *Pre Processor*
- b. *Solver*
- c. *Post Processing*

3.2.5 Validasi

Untuk mengukur keakuratan hasil dari metode numerik menggunakan Ansys fluent, percobaan yang diambil dalam sebuah jurnal internasional yang berjudul "*Experimental investigation of pressure distribution on a rectangular tank due to the liquid Sloshing*" oleh Hakan Akyildiz dan Erdem Unal akan disimulasikan dengan bantuan software tersebut dengan problematika gerakan pitching pada tanki sehingga nantinya hasil simulasi oleh software tersebut diharapkan sama dengan percobaan yang telah dilakukan sehingga Ansys fluent tersebut dapat digunakan untuk simulasi fluida dalam gerakan tanki



ambar 3.13 Posisi *Pressure Tranduser* Acuan Pemberian *Node Pressure* Pada Simulasi

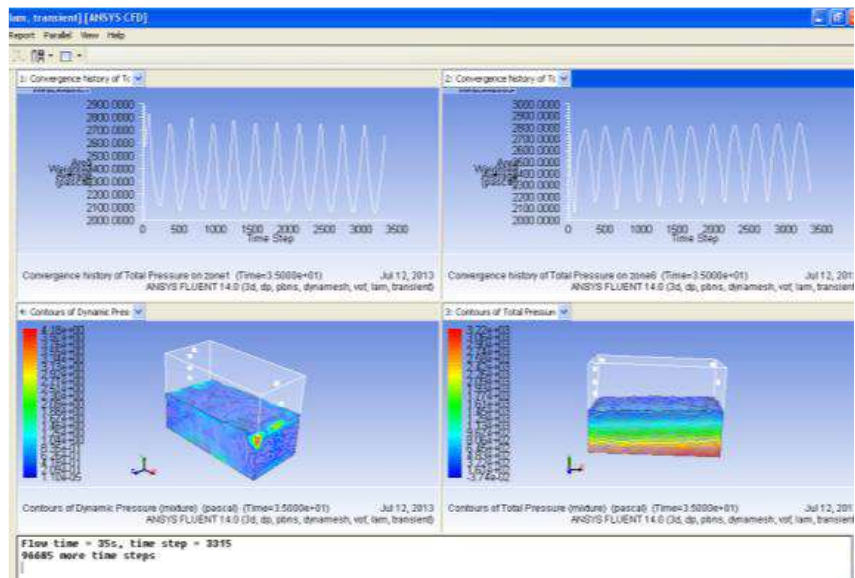
Percobaan yang dilakukan dalam journal ilmiah diterangkan bahwa ada delapan belas variasi kasus pitching. Table di bawah merupakan kasus pitching yang diexperimenkan menggunakan pressure tranduser menggunakan pitch angle 4 derajat dan 8 derajat serta bervariasi terhadap baffle vertikal dan horizontal.

Karena simulasi pada tugas akhir ini merupakan simulasi pitching tanpa adanya baffle, maka data / kasus yang akan divalidasikan adalah kasus pitching tanpa baffle yaitu kasus nomor satu,dua, dan tiga.

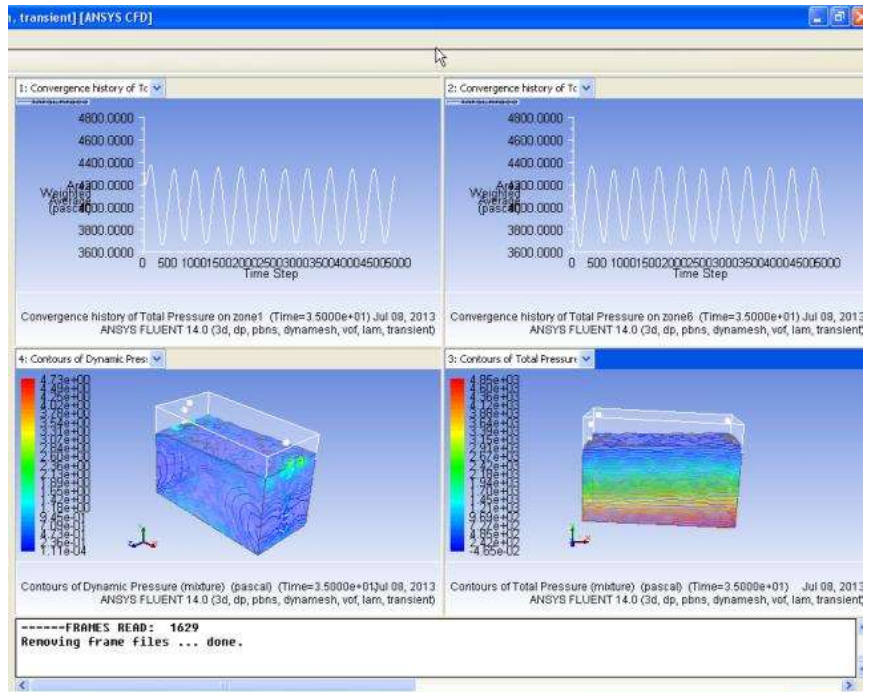
Kasus tersebut akan dimodelkan dengan menggunakan Ansys fluent yang terlebih dahulu dimodelkan, dilakukan pemeshingan, ditentukan grid independence serta menuliskan user defined formulation (UDF) dengan persamaan geraknya (*velocity equation*) yang telah dituunkan dan diinputkan ke dalam dynamic mesh yang sama persis dengan langkah pemodelan geakan tanki

Tabel 3.1 Experiment Case Dalam *Sloshing* Pada Gerakan Pitching

Case No	Filling Depth (%)	Height (cm)	Pitch Angle (degree)	Pitch Angle (Radians)	Freq Pitch	Frequency Range		Vel. Equation
1	0.25	15.5	4	0.06981317	2	0.5	2	$0.13 \cdot \cos(2t)$
2	0.5	31	4	0.06981317	2	0.5	3.9	$0.15 \cdot \cos(2.25t)$
3	0.75	46.5	4	0.06981317	2	0.5	5	$0.17 \cdot \cos(2.5t)$
1	0.25	15.5	8	0.13962634	2	0.5	2	$0.27 \cdot \cos(2t)$
2	0.5	31	8	0.13962634	2	0.5	3.3	$0.31 \cdot \cos(2.25t)$
3	0.75	46.5	8	0.13962634	2	0.5	4	$0.34 \cdot \cos(2.5t)$

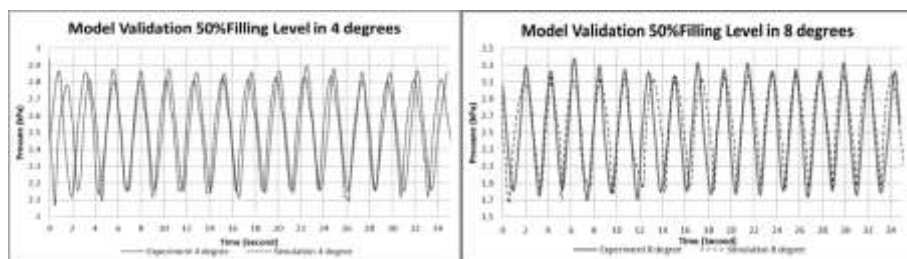


Gambar 3.14 Simulasi Percobaan Filling Level 50%

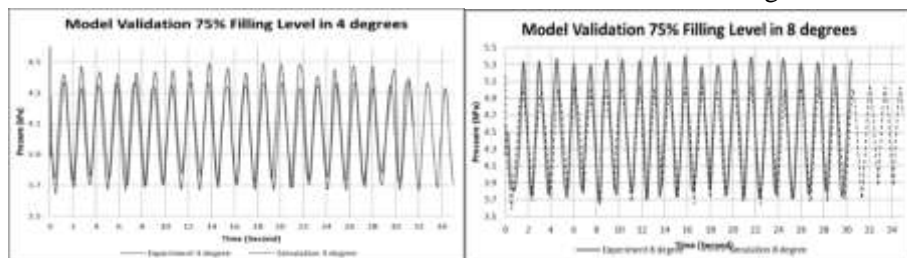


Gambar 3.15 Simulasi Percobaan Filling Level 75%

Dari hasil simulasi terhadap percobaan yang telah dilakukan, didapat total pressure yang terjadi pada node 6 yang kemudian dibandingkan dengan hasil percobaan sehingga hasilnya sebagai berikut.



Gambar 3.9 Validasi Hasil Simulasi Pada 50% Filling Level



Gambar 3.16 Validasi Hasil Simulasi Pada 50% Filling Level

3.2.6 Kesimpulan Hasil Simulasi

Hasil pengolahan dan analisis kemudian dirangkum dalam kesimpulan yang disesuaikan dengan tujuan penelitian.

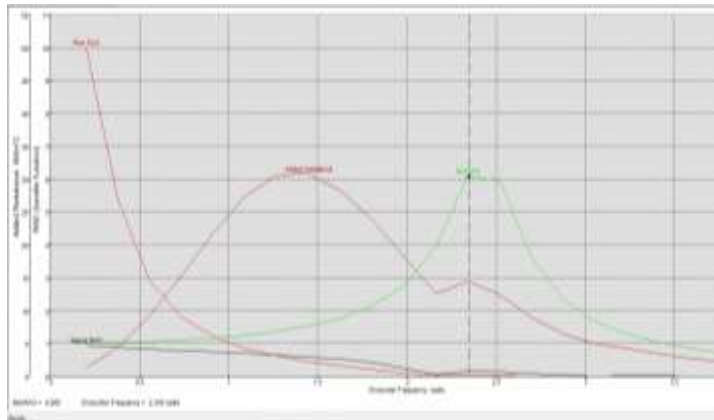
BAB IV

Hasil Perhitungan Dan Simulasi

4.1 Perhitungan Arah Gerakan Kapal

Untuk menentukan persamaan respon gerakan *pithcing dan rolling* terlebih dahulu dilakukan analisa olah gerak kapal menggunakan *software seakeeper* dengan memasukan model kapal dalam format IGS. Pada penelitian ini sudut masuk gelombang ditinjau dari 1 (satu) arah yang secara garis besar merepresentasikan arah gelombang ketika menerpa badan kapal saat beroperasi di laut lepas, yakni *wave heading* 90^0 . Data gelombang yang digunakan pada analisa ini adalah data gelombang perairan laut sekitar cilacap pada bulan september tahun 2016 dengan tinggi gelombang maksimal 6 m dan kecepatan angin sebesar 16 knot (data gelombang dari www.bmkgtanjungpriok.com) Setelah menginput data gelombang yang telah didapat, tahap berikutnya *solve seakeeping analysis* yang akan menghasilkan grafik RAO. Kemudian data grafik RAO tersebut akan diperlukan untuk menentukan *pithcing dan rolling* RAO.

Langkah selanjutnya menentukan nilai *pithing* RAO dan *encountering frequency* dari data grafik yang telah didapat pada masing-masing tinggi pengisian. Nilai *Roll* RAO maksimum yang tertera pada grafik ditarik garis secara vertikal sehingga didapat nilai *encountering frequency*. Dengan demikian dapat diketahui nilai *pithing* RAO = 6,083 deg/m dan *encountering frequency* = 2,423 rad/s.



Gambar 4.1 Grafik *Roll* RAO

Untuk menentukan nilai amplitudo respon gerakan kapal (ϕ_a) pada masing - masing pengisian dilakukan dengan menggunakan rumus $RAO = (\phi_a / S_\zeta)^2$. Nilai *Roll* RAO yang telah didapat dan amplitudo gelombang dari data gelombang sebesar 6 m dimasukkan dalam rumus RAO tersebut sehingga diketahui nilai amplitudo respon gerakan kapal (ϕ_a) sebesar 2,836 deg atau sama dengan 0,050 rad. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 RAO &= \left(\frac{\text{amplitudo respon gerakan}}{\text{amplitudo gelombang}} \right)^2 \\
 RAO &= (\phi_a / \zeta_a)^2 \\
 \sqrt{6,083} &= \phi_a / 1,15
 \end{aligned}$$

$$2,466 = \phi_a / 1,15$$

$$\begin{aligned}\phi_a &= 2,466 \times 1,15 \\ &= 2,836 \text{ deg} \\ &= 0,05 \text{ rad}\end{aligned}$$

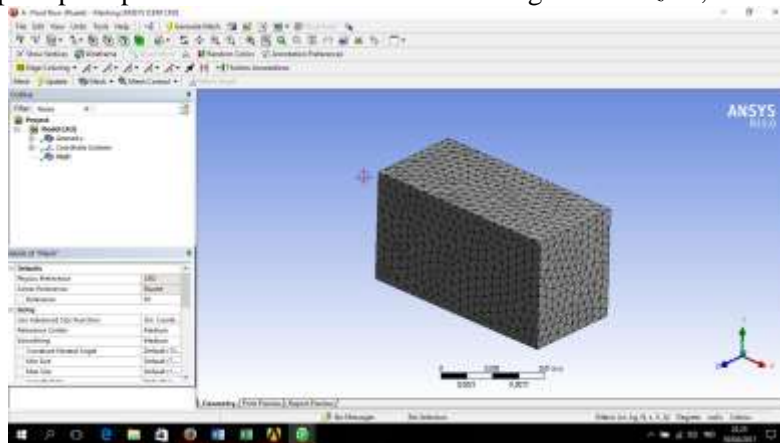
Dari perhitungan di atas didapatkan nilai Frekuensi *Encountering* dan Amplitudo kapal yang akan digunakan sebagai data input pada persamaan respon gerakan kapal akibat gelombang, sehingga di dapatkan persamaan dibawah ini :

$$\phi = \phi_a \cos \omega_e t$$

$$\phi = 0,050 * \cos(2,423 * time)$$

4.2 Proses Meshing Model

Setelah geometri tangki *solid*, *meshing* dilakukan pada *software Ansys Fluent*. *Meshing* merupakan pembagian objek menjadi bagian atau elemen yang kecil. Semakin kecil ukuran *mesh* pada suatu obyek, maka hasil yang didapatkan akan semakin teliti, tetapi membutuhkan daya komputasi dan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan obyek yang memiliki ukuran *mesh* lebih besar. Oleh karena itu, besar ukuran *mesh* harus diatur sedemikian rupa agar diperoleh hasil yang teliti dan diusahakan daya komputasi yang dibutuhkan tidak terlalu besar. Tipe *meshing* yang dipilih pada penelitian adalah *tetrahedrons* dengan *max size* 1,00 m.



Gambar 4.2 *Meshing*

4.3 Simulasi User Defined Funtion

Dalam *Ansys Fluent* untuk membuat simulasi, memodelkan serta menganalisa suatu permasalahan seperti gerakan, properti fluida, *chemical reaction* dan lain sebagainya menggunakan *User defined function* (UDF). UDF merupakan suatu fungsi yang digunakan *user* dalam bahasa pemrograman C yang dapat terhubung dengan *FLUENT solver*.

Gerakan tangki yang akan disimulasikan pada tugas akhir ini membutuhkan UDF untuk mendefinisikan kecepatan gerakan. Dengan demikian persamaan gerakan *pitching* yang telah diperhitungkan diturunkan menjadi kecepatan gerakan yang dialami tangki. Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

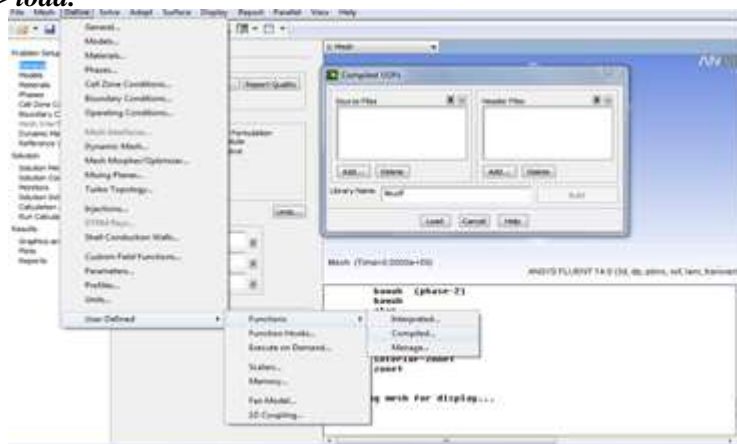
$$-0,050 * \sin(2,423 * time)$$

4.4 Simulasi pada *Computational Fluid Dynamic (CFD)*

a) Pre Processor

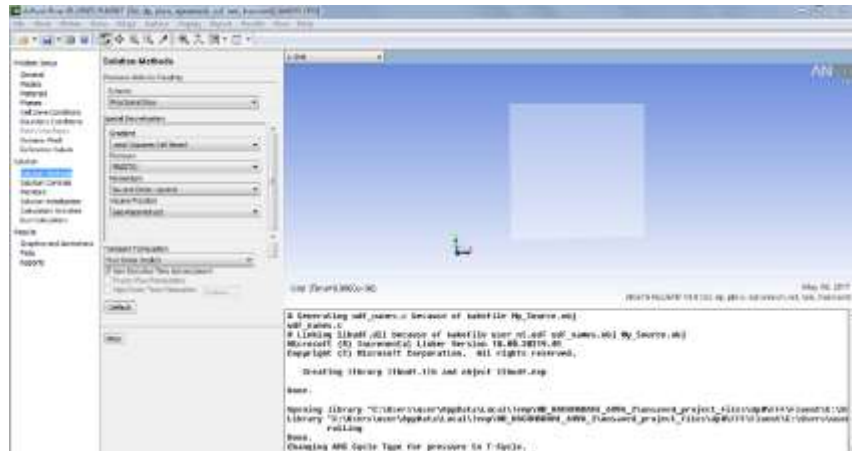
Model tangki yang telah *dimeshing* selanjutnya dilakukan pengaturan di *problem setup Ansys Fluent*. Langkah pengaturan *problem setup* sebagai berikut:

1. Mengecek *grid*: **Grid** -> **Chek**. Perhatikan panjang x, y, dan z minimum-maksimum serta volume minimumnya.
2. Satuan model pada **Scale** tidak diubah dikarenakan sudah dalam meter (**m**).
3. Menampilkan *grid*: **Display** -> **Grid**.
4. *Solver* menggunakan **Pressure-Based Transient** dan gravitasi -9.81 m/s.
5. Aliran dianggap sebagai *incompressible*, laminar dan *unsteady*. Model *multiphase* yang dipilih adalah *Volume of Fluid (VOF)*, dengan skema *explicit* dan *Implicit Body Force*.
6. *Baffle*, *baffle shadow* dan dinding tangki dianggap sebagai *wall*. Ini dapat diatur pada *Cell Zones Condition* dan *Boundary Condition*.
7. Untuk simulasi *operating condition* dipilih:
 - Operating pressure : 101325 Pa
 - Operating density : 1,225 kg/m³
8. Untuk membuat gerakan sinusoidal dengan cara **Define** -> **User-Define** -> **Function** -> **Compile** -> *pilih source udf yang kita buat (.c)* -> **build** -> **load**.



Gambar 4.3 *Compile User Define Fungtions*

9. Melihat *preview* gerakan tangki dapat dilihat pada menu *dynamic mesh* dengan *create dynamic mesh zone* terlebih dulu.
10. *Solver* menggunakan *explicit* dan *segregated* dengan waktu integrasi *First Order Implicit*. Skema *Pressure-Velocity Coupling* menggunakan *Fractional Step*. *Pressure* menggunakan *PRESTO!* untuk saluran air tertutup.

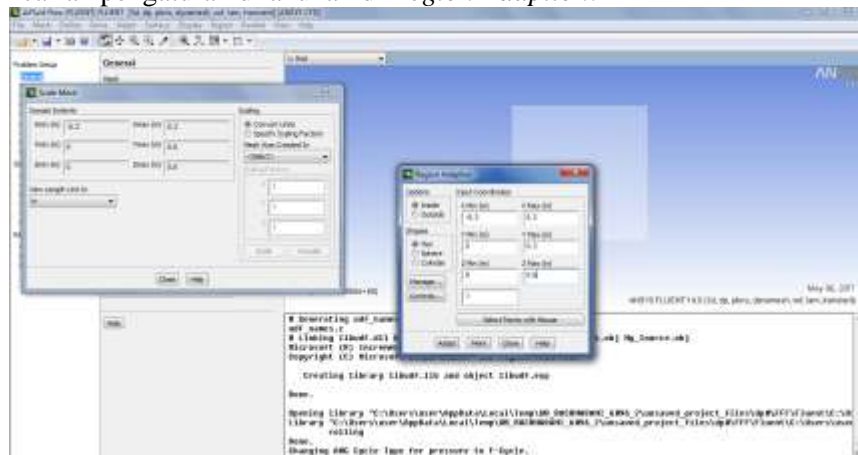


Gambar 4.4 Pengaturan *Solution Methode*

11. *Solution Controls:*

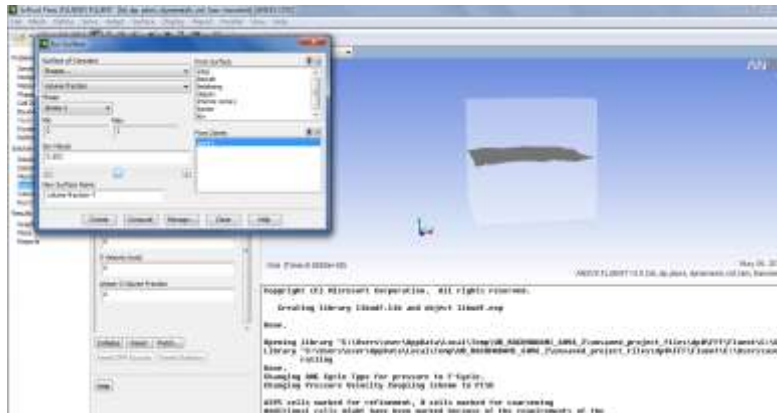
- *Pressure* : 0,6
- *Momentum* : 0,8

12. Pembentukan cairan dilakukan pada tahap initialize. Untuk ketinggian cairan pengaturan dilakukan di *Region Adaption*.



Gambar 4.5 Pengaturan ketinggian fluida pada *Region Adaption*

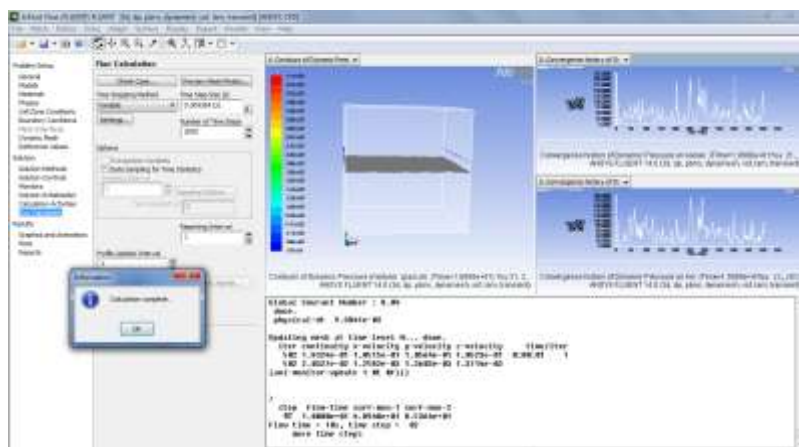
13. Untuk menampilkan *surface* ketinggian fluida dengan cara **Surface -> iso surface -> compute -> create**



Gambar 4.6 Pengaturan tampilan fluida di *iso surface*

b) Solver

Tahap Solver ini dilakukan setelah tahap *Pre-processor* selesai dilakukan. Tahap ini merupakan proses perhitungan atau *running calculation* dengan merunning data yang di-*input* pada tahap sebelumnya, tahap *solver* meliputi eksekusi simulasi terhadap model. *Output* dari solver kemudian ditampilkan dalam tahap *post-processor*. Dengan menggunakan fungsi waktu untuk simulasi *sloshing*, maka digunakan *time-step*. Pada penelitian ini dipilih *variable time-step size*.



Gambar 4.7 Proses perhitungan *running calculation*

c) Post-Processing

Setelah proses *running* selesai hasilnya terdapat pada *Post Processor*, dimana *output* yang kita inginkan bisa terlihat. Untuk membuat animasi gerak *sloshing* dilakukan pengaturan terlebih dahulu pada *solution animation playback*.

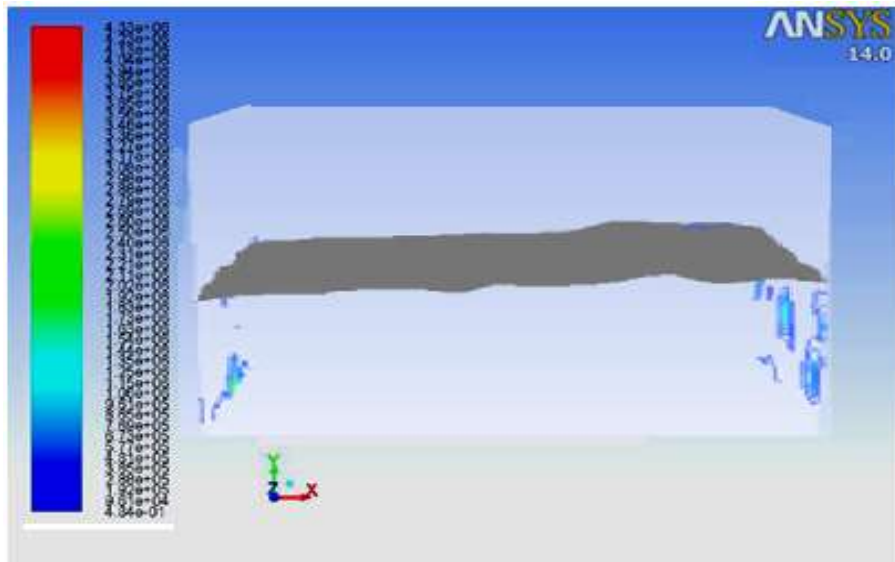
1. **Set Up** pada *solution animation playback*
2. Pilih salah satu *sequences* yang akan dibuat menjadi animasi
3. Pada *write/record format* pilih MPEG > **Write**

4.5 Hasil Simulasi Tangki

Simulasi sloshing dilakukan dalam 5 variasi tangki yaitu yaitu tangki kotak tanpa *baffles*, tangki kotak dengan satu *baffles* penuh, tangki kotak dengan dua *baffles* penuh, tangki kotak dengan satu *baffles* berlubang, dan tangki kotak dengan dua *baffles* berlubang.

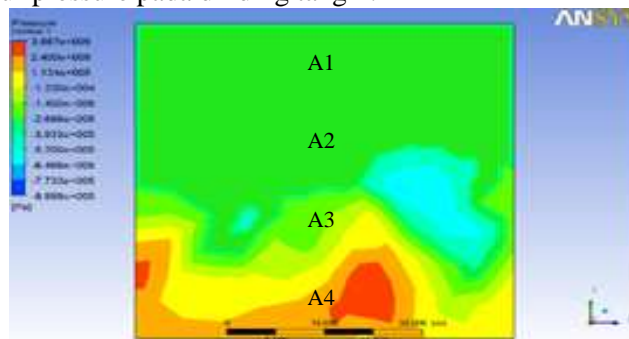
4.5.1 Hasil Running Untuk Tangki Tanpa Baffles

Berikut adalah hasil simulasi *Ansys Fluent* untuk tangki tanpa *baffles*, gaya yang di ambil adalah data tekanan (*pressure*).

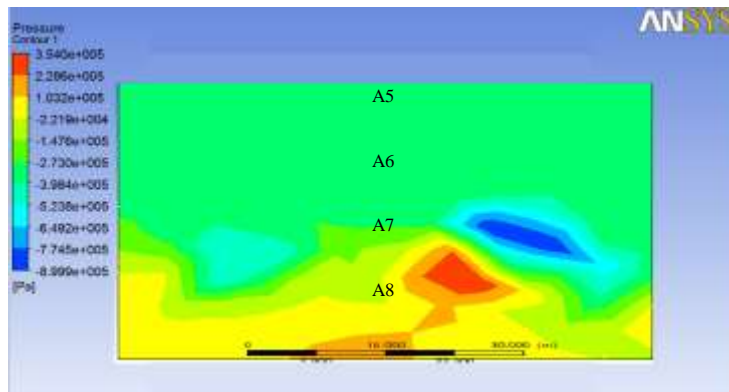


Gambar 4.8 kontur cairan di dalam tangki

Setelah di lakukan simulasi dengan Ansys maka akan terlihat kontur pressure pada tiap titik di dinding tangki depan dan belakang, brikut adalah gambar kontur pressure pada dinding tangki.



Gambar 4.9 Kontur pressure dinding depan dan belakang



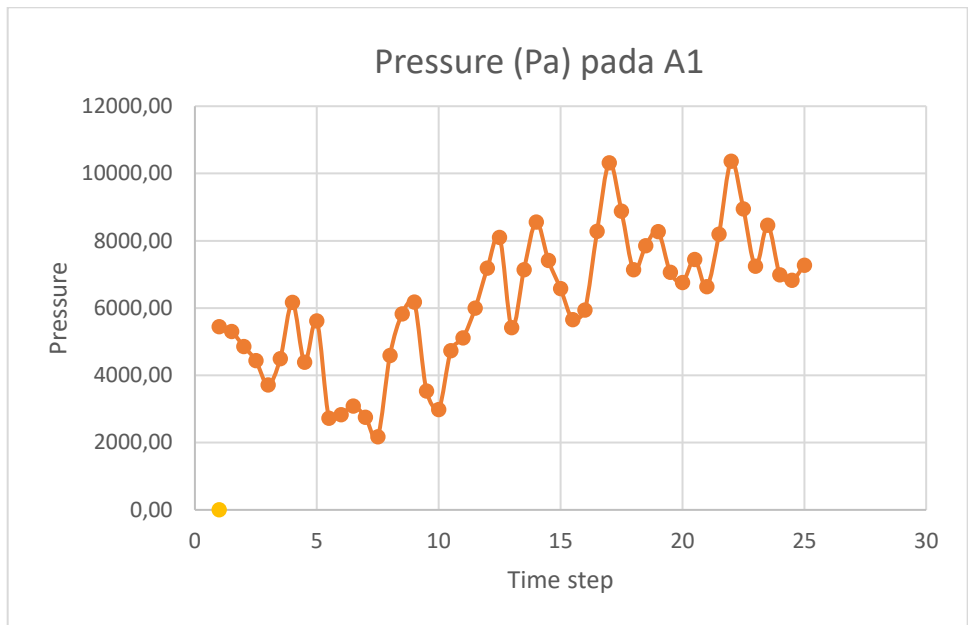
Gambar 4.10 Kontur pressure dinding kanan dan kiri

a). Pressure Pada Dinding Depan dan Belakang

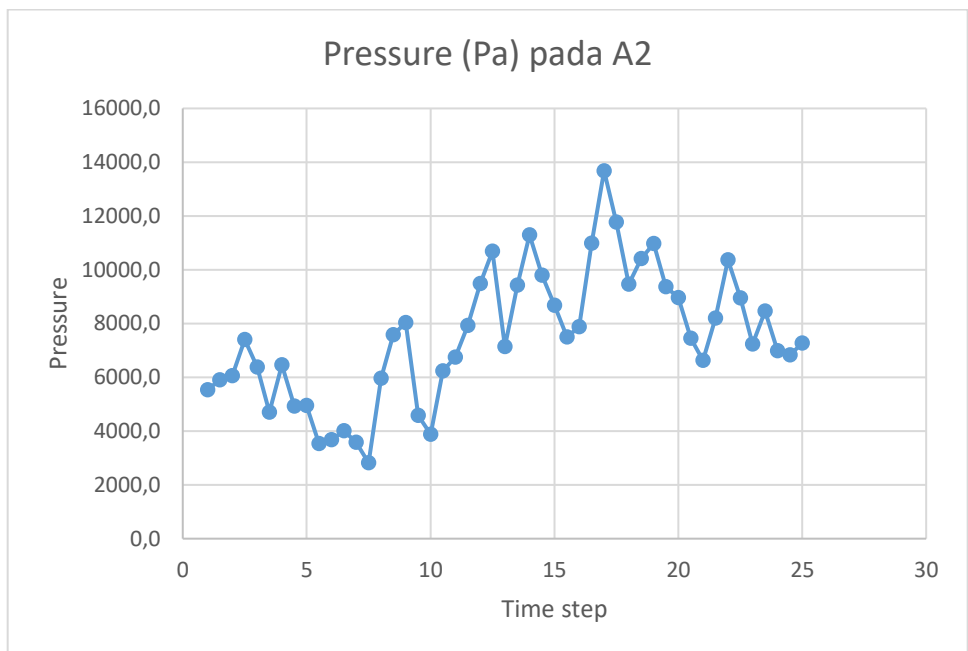
Tabel 4.1 Pressure Pada setiap luasan dinding tangki depan dan belakang

Time Step	Pressure (Pa) pada A1	Pressure (Pa) pada A2	Pressure (Pa) pada A3	Pressure (Pa) pada A4
1	8173,85	8308,80	10139,08	17791,85
1,5	7957,62	8857,62	10686,10	16875,93
2	7291,40	9091,40	10909,12	15973,41
2,5	6654,51	11109,51	11767,61	15110,64
3	5567,63	9572,63	11402,10	13638,28
3,5	6735,51	7050,51	13200,41	15220,37
4	9253,35	9700,20	11720,16	18631,20
4,5	6589,35	7399,35	9519,48	15022,37
5	8425,31	7435,31	6668,24	11413,48
5,5	5582,45	5307,18	5646,84	11626,35
6	5739,59	5511,47	5864,20	11839,22
6,5	4634,78	6025,22	6410,82	12374,58
7	5629,97	5818,95	5712,56	11081,13
7,5	5254,36	5730,66	5501,43	9894,96
8	6878,70	8942,31	9514,62	12366,35
8,5	8746,65	11370,65	12098,36	11848,80
9	9264,56	12043,92	12814,73	16207,98
9,5	5294,07	6882,29	7322,76	12048,50
10	5973,54	5815,61	6187,80	8498,56

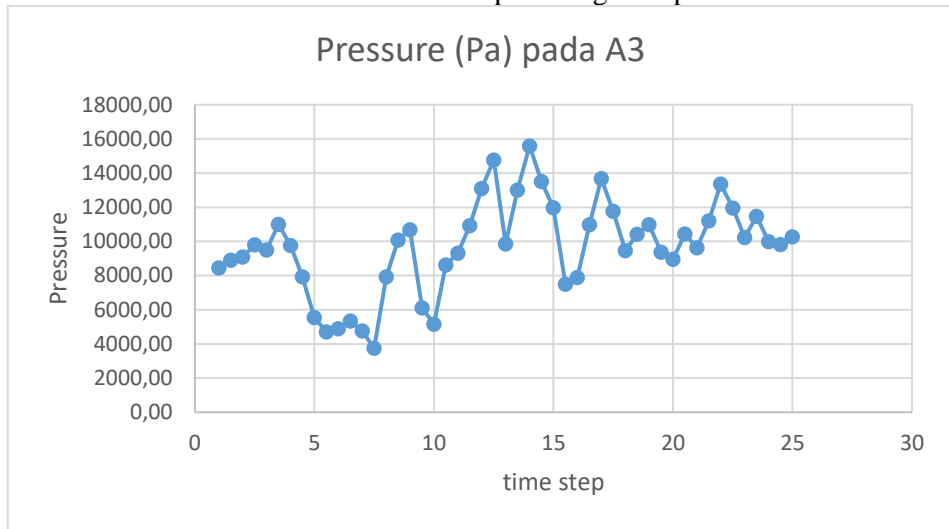
Time Step	Pressure (Pa) pada A1	Pressure (Pa) pada A2	Pressure (Pa) pada A3	Pressure (Pa) pada A4
10,5	7094,07	9364,17	10338,05	12048,50
11	7673,45	10128,95	11182,36	12833,36
11,5	9001,67	11882,21	13117,94	15242,26
12	10779,89	14229,45	15709,31	17041,55
12,5	12150,90	16039,19	17707,26	14022,02
13	8121,92	10720,94	11835,90	11002,49
13,5	10705,82	14131,68	15601,37	14502,82
14	12839,72	16948,43	17511,06	17393,54
14,5	11125,31	14685,41	16212,68	15071,08
15	9860,90	13016,39	14370,08	13358,23
15,5	8488,40	11255,61	9004,49	11498,95
16	8915,90	11822,48	9457,98	12078,07
16,5	12421,62	16471,07	13176,85	16827,16
17	15477,30	20522,90	16418,32	20966,58
17,5	13317,93	17659,58	14127,66	18041,35
18	10708,56	14199,56	11359,64	14506,52
18,5	11785,91	15628,11	12502,49	15965,97
19	12413,21	16459,91	13167,92	16815,75
19,5	10601,37	14057,42	11245,93	14361,33
20	10139,54	13445,03	10756,02	13735,69
20,5	11169,90	11169,90	12535,92	15131,49
21	9950,22	9950,22	11559,96	13479,23
21,5	12297,78	12297,78	13436,64	16659,39
22	15545,34	15545,34	16035,12	21058,76
22,5	13428,14	13428,14	14343,48	18190,64
23	10860,93	10860,93	12288,60	14712,94
23,5	12693,11	12693,11	13755,24	17194,92
24	10475,28	10475,28	11978,64	14190,51
24,5	10240,97	10240,97	11792,52	13873,10
25	10906,65	10906,65	12325,32	14774,88
Rata-rata	9364,06	11269,60	11570,23	14572,31



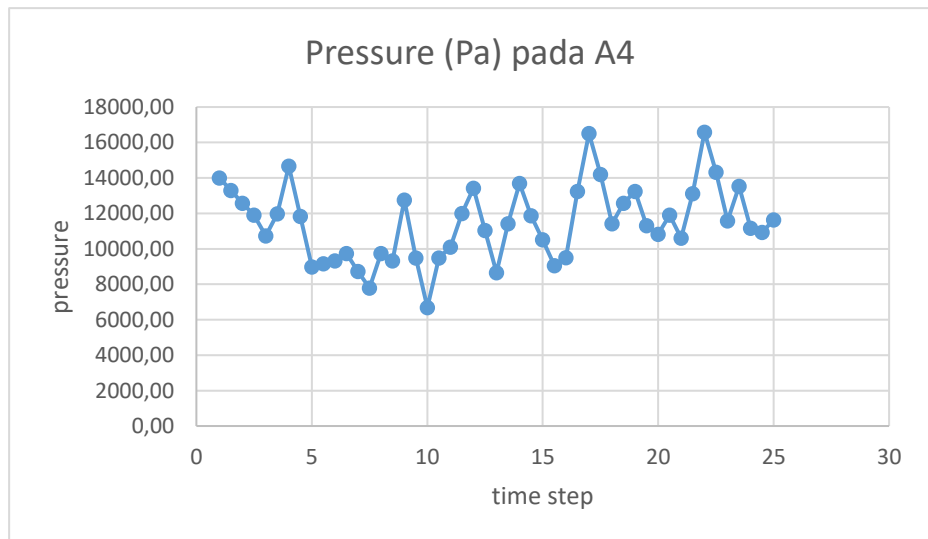
Gambar.4.11 Grafik tekanan pada tangki tanpa baffles area A1



Gambar.4.12 Grafik tekanan pada tangki tanpa baffles area A2



Gambar.4.13 Grafik tekanan pada tangki tanpa baffles area A3



Gambar.4.15 Grafik tekanan pada tangki tanpa baffles area A4

Hasil simulasi dengan waktu kalkulasi 25 time step untuk menunjukkan total pressure pada dinding tangki adalah sebagai berikut : Dinding area A1 (8 m dari dasar tangki dengan luas 23 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 15545,34 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 9364,06 Pa. Pada A2 (6 m dari dasar tangki dengan luas 23 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 20522,90 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 11269,60 Pa. Pada A3 (4 m dari dasar tangki dengan luas 23 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 17511,06 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar

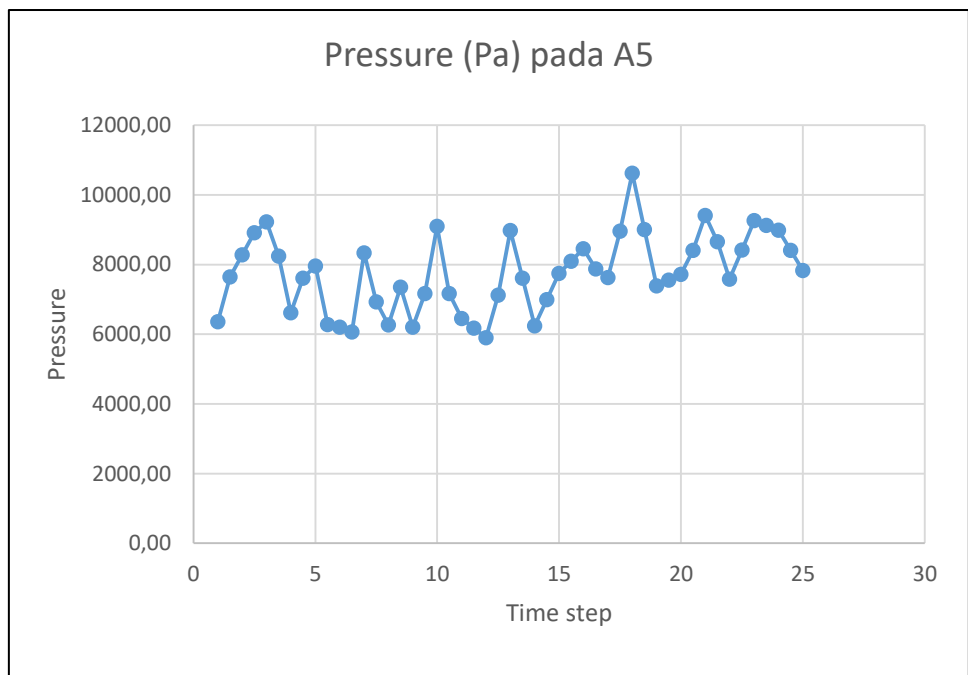
11570,23 Pa. Pada A4 (2 m dari dasar tangki dengan luas 23 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 21058,76 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 14572,31 Pa.

b). Pressure Pada Dinding Kanan dan Kiri

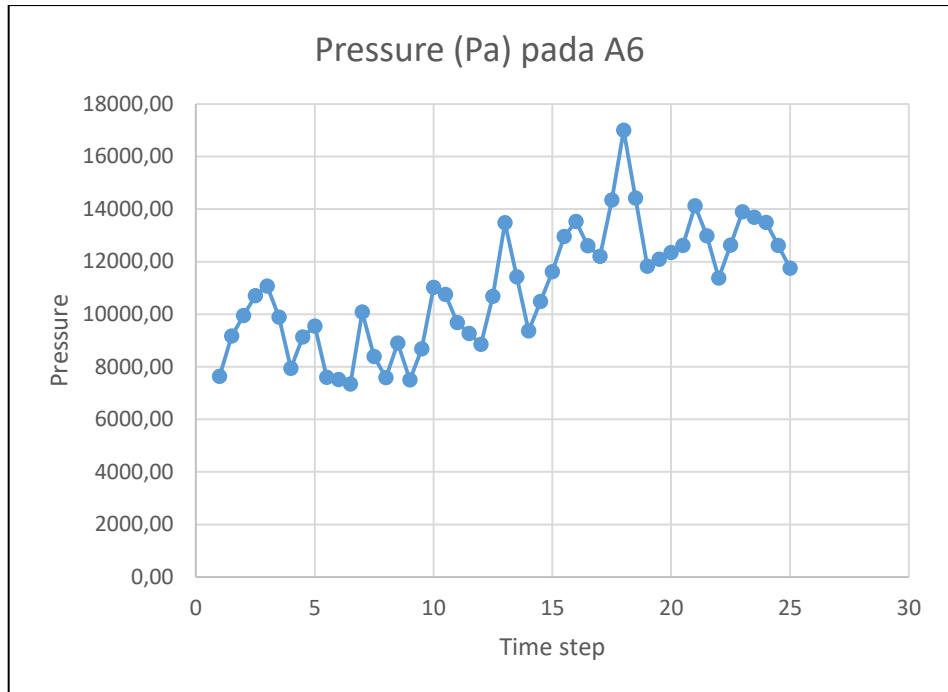
Tabel 4.2 Pressure Pada setiap luasan dinding kanan dan kiri

Time Step	Pressure (Pa) A5	Pressure (Pa) A6	Pressure (Pa) A7	Pressure (Pa) A8
1	6361,06	7633,27	10813,80	13994,32
1,5	7643,33	9171,99	12993,66	16815,32
2	8285,60	9942,72	14085,52	18228,32
2,5	8915,01	10698,01	15155,51	19613,02
3	9224,42	11069,30	15681,51	20293,72
3,5	8240,64	9888,77	14009,09	18129,41
4	6616,83	7940,20	11248,61	14557,03
4,5	7608,35	9130,02	12934,20	16738,37
5	7959,84	9551,81	13531,73	17511,65
5,5	6282,18	7601,43	9881,86	13820,79
6	6204,51	7507,46	9759,70	13649,93
6,5	6070,46	7345,26	9548,84	13355,02
7	8336,38	10087,02	13113,13	18340,04
7,5	6932,54	8388,38	10904,89	15251,60
8	6264,67	7580,25	9854,33	13782,28
8,5	7352,51	8896,54	11565,50	16175,53
9	6200,32	7502,39	9753,10	13640,70
9,5	7171,65	8677,69	11281,00	15777,63
10	9102,98	11014,60	14318,98	20026,55
10,5	7171,65	10757,47	14343,30	15777,63
11	6450,21	9675,31	12900,42	14190,46
11,5	6175,23	9262,85	12350,46	13585,51
12	5900,26	8850,38	11800,51	12980,56
12,5	7121,76	10682,64	14243,52	15667,87
13	8983,26	13474,90	17966,53	19763,18
13,5	7611,33	11416,99	15222,66	16744,92
14	6239,36	9359,04	12478,72	13726,59
14,5	6992,70	10489,06	13985,41	15383,95
15	7746,02	11619,02	15492,03	17041,24
15,5	8100,90	12961,43	16201,79	17821,97
16	8455,74	13529,19	16911,49	18602,64
16,5	7880,35	12608,56	15760,70	17336,77
17	7624,96	12199,94	15249,92	16774,91
17,5	8965,31	14344,50	17930,62	17930,62

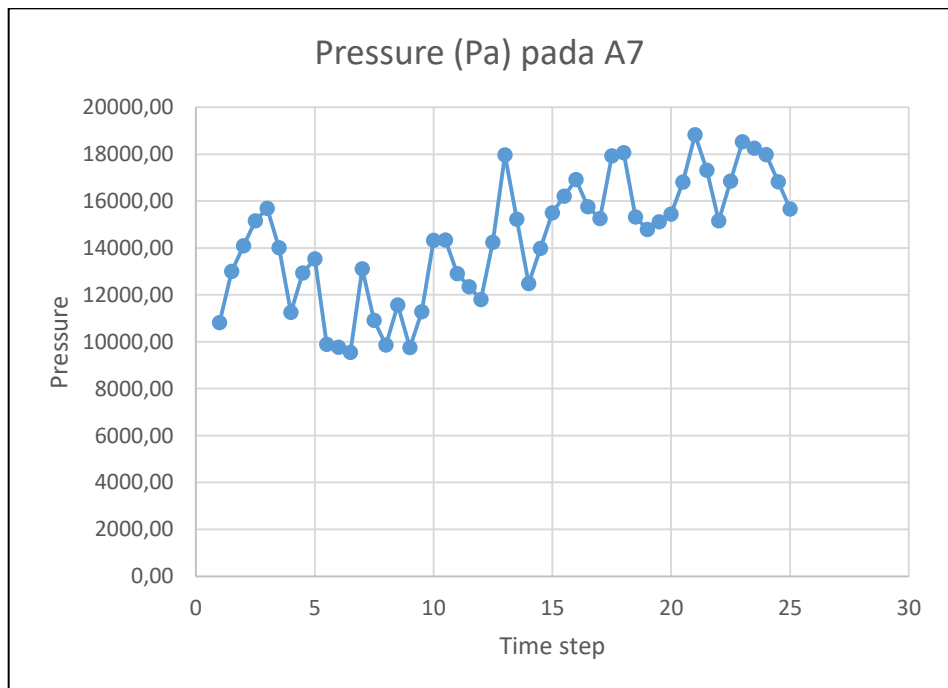
Time Step	Pressure (Pa) A5	Pressure (Pa) A6	Pressure (Pa) A7	Pressure (Pa) A8
18	10625,63	17001,01	18063,57	21251,26
18,5	9009,18	14414,69	15315,61	18018,37
19	7392,70	11828,33	14785,41	16263,95
19,5	7555,30	12088,47	15110,59	16621,65
20	7717,89	12348,62	15435,78	16979,35
20,5	8406,94	12610,42	16813,89	18495,28
21	9415,97	14123,95	18831,94	20715,13
21,5	8658,24	12987,36	17316,48	19048,13
22	7580,48	11370,72	15160,96	16677,06
22,5	8422,08	12633,12	16844,16	18528,58
23	9263,65	13895,47	18527,30	20380,03
23,5	9128,13	13692,19	18256,26	20081,88
24	8992,58	13488,86	17985,15	19783,67
24,5	8411,74	12617,62	16823,49	18505,84
25	7830,91	11746,37	15661,82	17228,01
Rata-rata	7767,42	10973,57	14371,55	16971,58



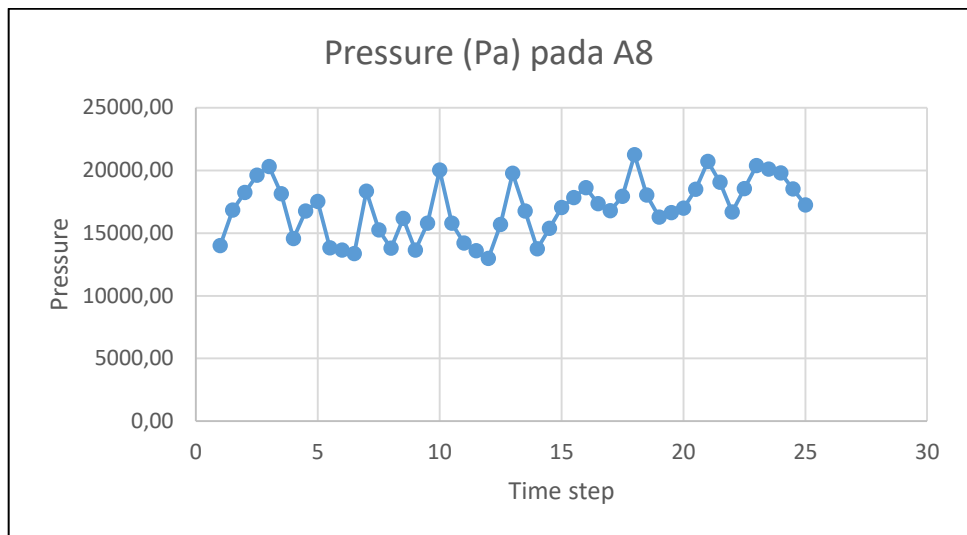
Gambar.4.16 Grafik tekanan pada tangki tanpa baffles area A5



Gambar.4.17 Grafik tekanan pada tangki tanpa baffles area A6



Gambar.4.18 Grafik tekanan pada tangki tanpa baffles area A7



Gambar.4.19 Grafik tekanan pada tangki tanpa baffles area A8

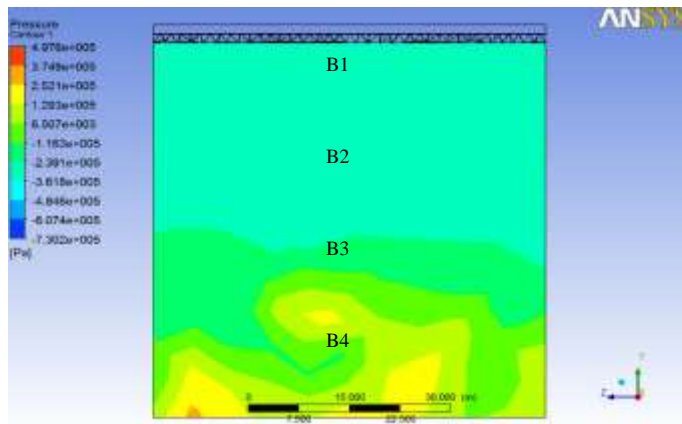
Hasil simulasi Pada A5 (8 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 9415,97 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 7767,42 Pa. Pada A6 (6 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 14414,69 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 10973,57 Pa. Pada A7 (42 m dari dasar tangki dengan luas 24 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 18831,94Pa dan total pressure rata – rata sebesar 14371,55 Pa. Pada A8 (2 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 20715,13 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 16971,58 Pa.

4.5.2 Hasil Running Untuk Tangki Dengan Satu Baffles Penuh

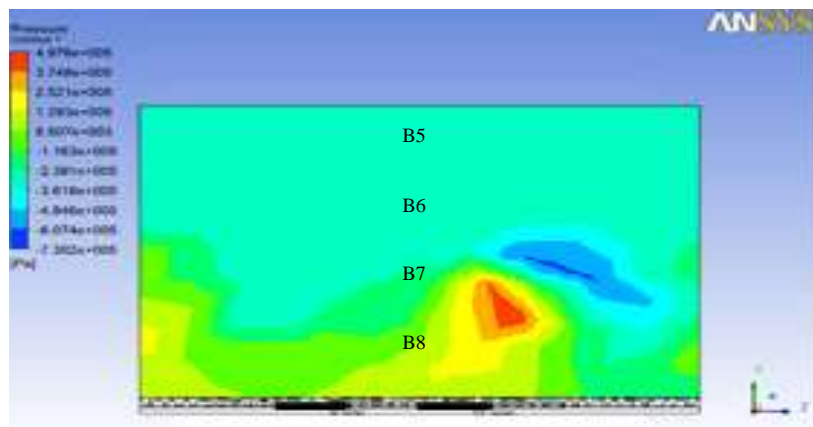
Berikut adalah hasil simulasi *Ansys Fluent* untuk tangki dengan satu *baffles*, gaya yang di ambil adalah data tekanan (*pressure*).



Gambar 4.20 kontur cairan di dalam tangki



Gambar 4.21 a) kontur tekanan di dinding tangki depan dan belakang



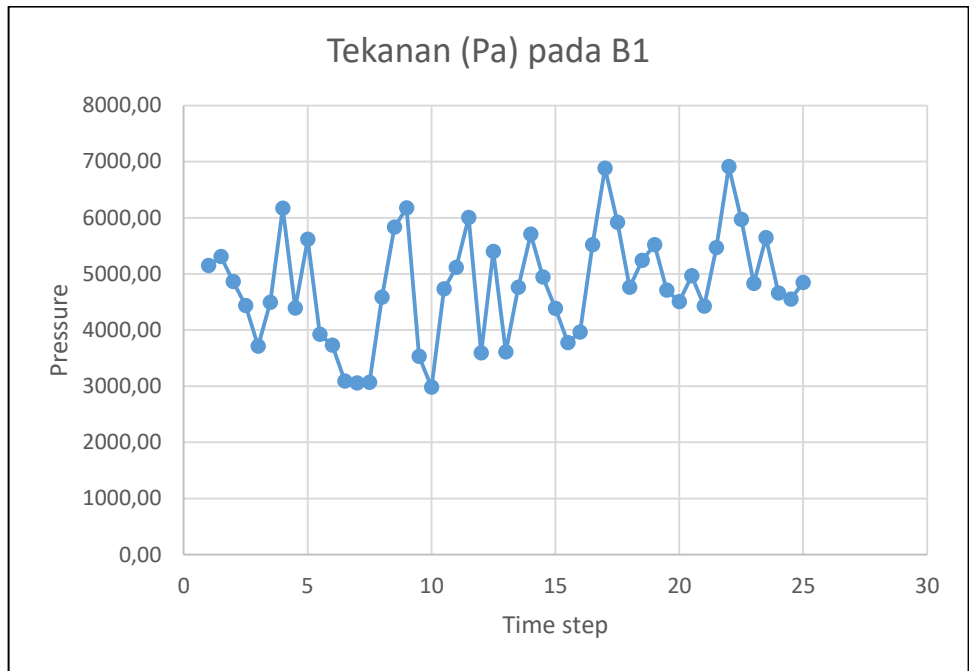
Gambar 4.22 kontur tekanan didinding tangki Kanan dan kiri

a). Pressure Pada Dinding Depan dan Belakang

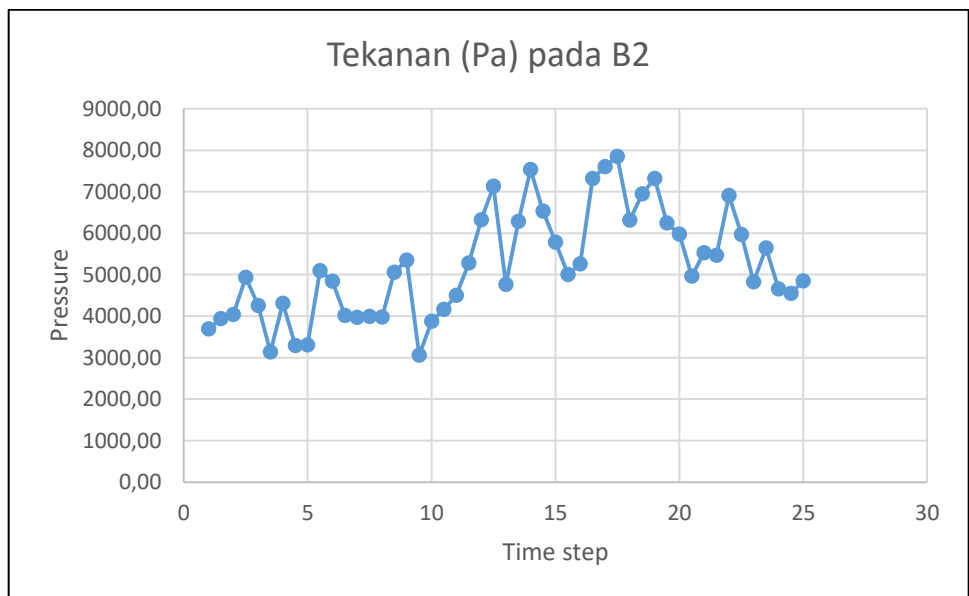
Tabel 4.3 Pressure Pada setiap luasan dinding depan dan belakang

Time Step	Tekanan (Pa) pada B1	Tekanan (Pa) pada B2	Tekanan (Pa) pada B3	Tekanan (Pa) pada B4
1	5149,23	3692,82	5632,82	7004,66
1,5	5305,08	3936,72	5936,72	6644,06
2	4860,93	4040,62	6060,62	6288,74
2,5	4436,34	4937,56	6537,56	5949,07
3	3711,75	4254,50	6334,50	5369,40
3,5	4490,34	3133,56	7333,56	5992,27
4	6168,90	4311,20	6511,20	7335,12
4,5	4392,90	3288,60	5288,60	5914,32
5	5616,87	3304,58	3704,58	4493,50
5,5	3921,63	5098,12	6780,50	4577,30
6	3726,39	4844,31	6442,93	4661,11

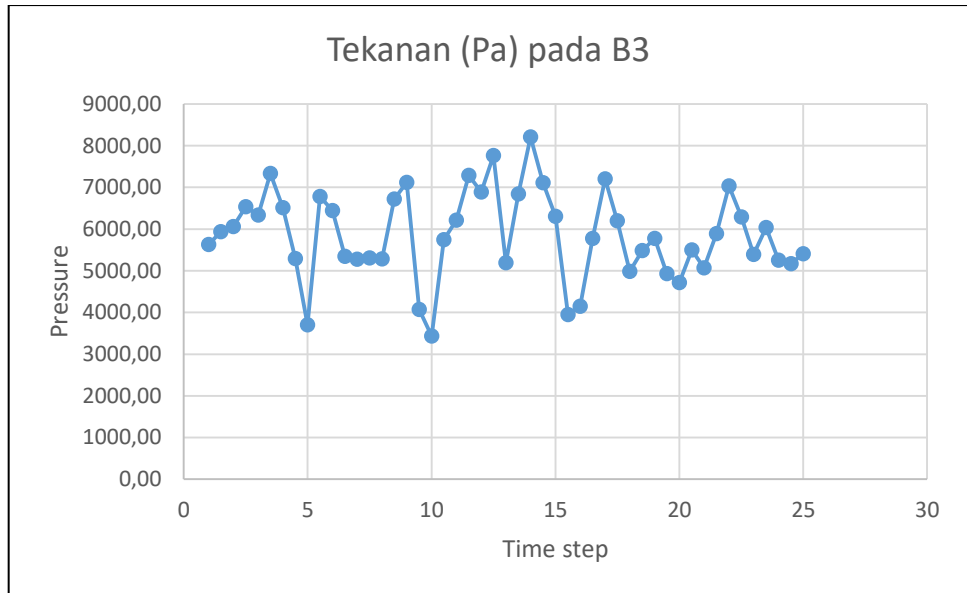
Time Step	Pressure (Pa) Pada B1	Pressure (Pa) Pada B2	Pressure (Pa) Pada B3	Pressure (Pa) Pada B4
6,5	3089,85	4016,81	5342,35	4871,88
7	3053,31	3969,30	5279,17	4362,65
7,5	3069,57	3990,44	5307,29	3895,66
8	4585,80	3974,36	5285,90	4868,64
8,5	5831,10	5053,62	6721,31	4664,88
9	6176,37	5352,86	7119,30	6381,10
9,5	3529,38	3058,80	4068,20	4743,50
10	2982,36	3877,07	3437,67	3345,89
10,5	4729,38	4161,86	5743,36	4743,50
11	5115,63	4501,76	6212,42	5052,50
11,5	6001,11	5280,98	7287,75	6000,89
12	3593,30	6324,20	6890,05	6709,27
12,5	5400,40	7128,53	7766,34	5520,48
13	3609,74	4764,86	5191,19	4331,69
13,5	4758,14	6280,75	6842,71	5709,77
14	5706,54	7532,63	8206,61	6847,85
14,5	4944,58	6526,85	7110,83	5933,50
15	4382,62	5785,06	6302,67	5259,14
15,5	3772,62	5002,49	3949,34	4527,14
16	3962,62	5254,43	4148,24	4755,14
16,5	5520,72	7320,47	5779,32	6624,86
17	6878,80	7601,07	7201,02	8254,56
17,5	5919,08	7848,70	6196,34	7102,90
18	4759,36	6310,91	4982,30	5711,23
18,5	5238,18	6945,83	5483,55	6285,82
19	5516,98	7315,52	5775,41	6620,38
19,5	4711,72	6247,74	4932,43	5654,06
20	4506,46	5975,57	4717,55	5407,75
20,5	4964,40	4964,40	5498,21	5957,28
21	4422,32	5527,90	5070,16	5306,78
21,5	5465,68	5465,68	5893,26	6558,82
22	6909,04	6909,04	7032,95	8290,85
22,5	5968,06	5968,06	6291,00	7161,67
23	4827,08	4827,08	5389,74	5792,50
23,5	5641,38	5641,38	6033,00	6769,66
24	4655,68	4655,68	5253,79	5586,82
24,5	4551,54	4551,54	5172,16	5461,85
25	4847,40	4847,40	5405,84	5816,88
Rata-rata	4809,78	5216,40	5854,77	7371,41



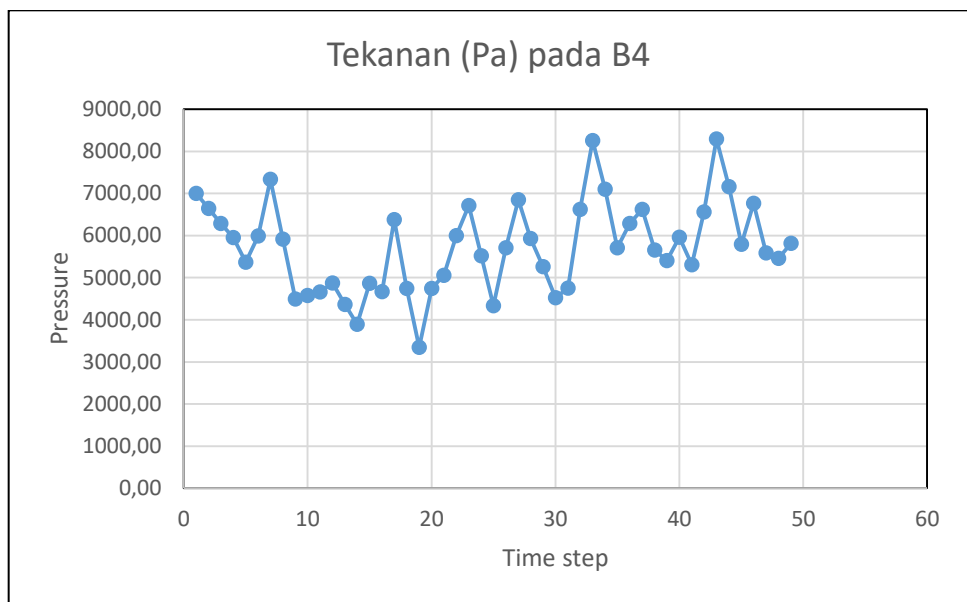
Gambar.4.23 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles area B1



Gambar.4.24 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles area B2



Gambar.4.25 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles area B3



Gambar.4.26 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles area B4

Hasil simulasi dengan waktu kalkulasi 25 time step untuk menunjukkan total pressure pada dinding tangki adalah sebagai berikut. Dinding depan pada B1 (8 m dari dasar tangki dengan luas 23 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 6909,04 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 4809,78 Pa. Pada B2 (6 m dari dasar tangki dengan luas 23 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 7848,70 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 5216,40 Pa.

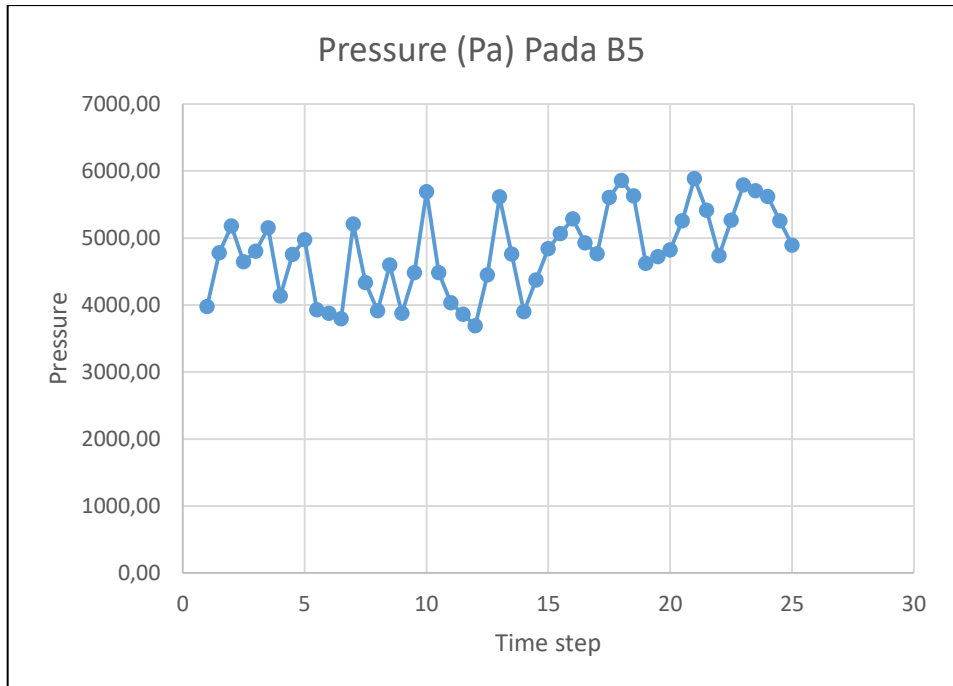
Pada B3 (4 m dari dasar tangki dengan luas 23 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 8206,61 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 5854,77 Pa, pada B4 (2 m dari dasar tangki dengan luas 42m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 8290,85 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 7371,41 Pa.

b) Pressure Pada Dinding Kanan dan Kiri

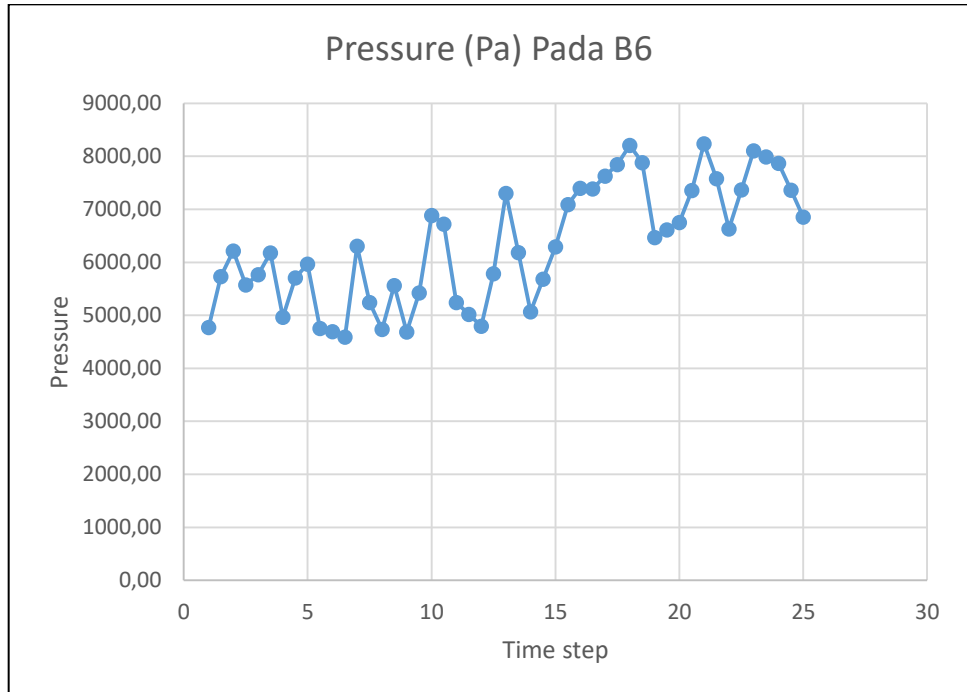
Tabel 4.4 Pressure Pada setiap luasan dinding kanan dan kiri

Time Step	Pressure (Pa) Pada B5	Pressure (Pa) Pada B6	Pressure (Pa) Pada B7	Pressure (Pa) Pada B8
1	3975,66	4770,78	5565,93	8746,44
1,5	4777,08	5732,49	6687,90	10509,57
2	5178,51	6214,20	7249,89	11392,71
2,5	4643,22	5571,87	6500,52	10215,12
3	4804,38	5765,25	6726,15	10569,63
3,5	5150,40	6180,48	7210,56	11330,88
4	4135,53	4962,63	5789,73	9098,13
4,5	4755,21	5706,27	6657,30	10461,48
5	4974,90	5969,88	6964,86	10944,78
5,5	3926,37	4750,89	5496,90	8637,99
6	3877,83	4692,15	5428,95	8531,19
6,5	3794,04	4590,78	5311,65	8346,90
7	5210,25	6304,38	7294,35	11462,52
7,5	4332,84	5242,74	6065,97	9532,26
8	3915,42	4737,66	5481,60	8613,93
8,5	4595,31	5560,35	6433,44	10569,24
9	3875,19	4689,00	5425,29	8525,43
9,5	4482,27	5423,55	6275,19	9861,03
10	5689,35	6884,13	7965,09	11378,73
10,5	4482,27	6723,42	6275,19	9861,03
11	4031,37	5240,79	5643,93	8869,05
11,5	3859,53	5017,38	5403,33	8490,93

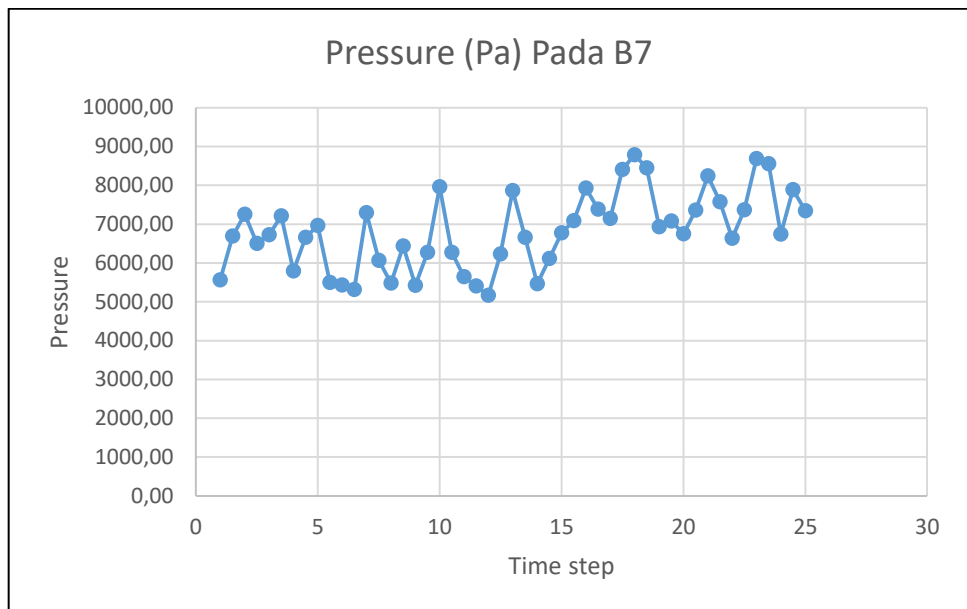
Time Step	Pressure (Pa) Pada B5	Pressure (Pa) Pada B6	Pressure (Pa) Pada B7	Pressure (Pa) Pada B8
12	3687,66	4793,97	5162,73	8112,84
12,5	4451,10	5786,43	6231,54	9792,42
13	5614,53	7298,91	7860,36	11790,54
13,5	4757,07	6184,20	6659,91	10465,59
14	3899,61	5069,49	5459,43	8579,13
14,5	4370,43	5681,58	6118,62	9614,97
15	4841,25	6293,64	6777,75	10650,78
15,5	5063,07	7088,28	7088,28	11138,73
16	5284,83	7398,78	7927,26	11626,65
16,5	4925,22	7387,83	7387,83	10835,49
17	4765,59	7624,95	7148,40	10484,31
17,5	5603,31	7844,64	8404,98	11206,65
18	5859,72	8203,62	8789,58	11719,44
18,5	5630,73	7883,04	8446,11	11261,49
19	4620,45	6468,63	6930,66	10164,96
19,5	4722,06	6610,89	7083,09	10388,52
20	4823,67	6753,15	6753,15	9647,37
20,5	5254,35	7356,09	7356,09	11559,54
21	5884,98	8238,96	8238,96	10592,97
21,5	5411,40	7575,96	7575,96	11905,08
22	4737,81	6632,91	6632,91	10423,17
22,5	5263,80	7369,32	7369,32	11580,36
23	5789,79	8105,70	8684,67	12158,55
23,5	5705,07	7987,11	8557,62	11410,17
24	5620,35	7868,49	6744,42	12364,80
24,5	5257,35	7360,29	7886,01	11566,14
25	4894,32	6852,06	7341,48	10767,51
Rata-rata	4800,12	6335,70	6825,93	10362,39



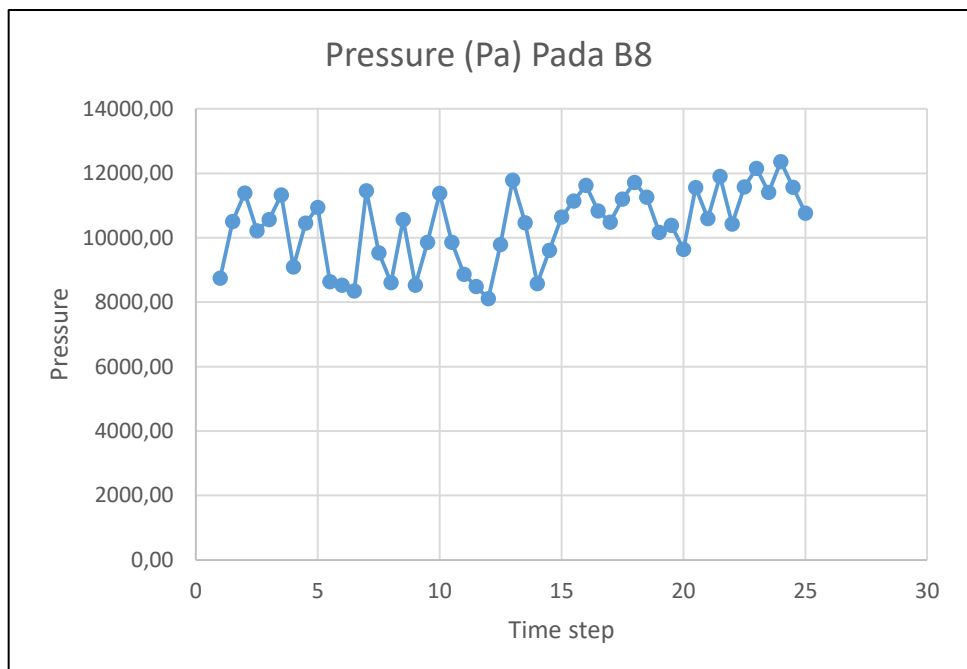
Gambar.4.27 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles area B5



Gambar.4.28 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles area B6



Gambar.4.29 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles area B7



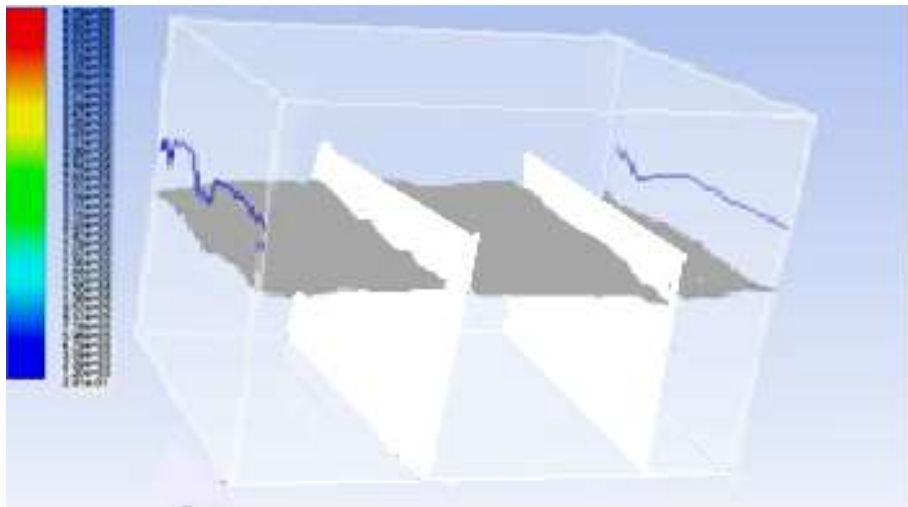
Gambar.4.30 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles area B8

Dinding belakang pada B5 (8 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 5884,98 Pa dan total pressure

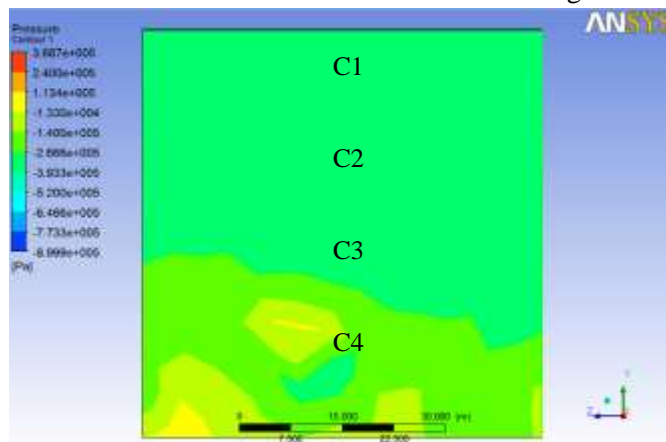
rata – rata sebesar 4800,12 Pa, pada B6 (6 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 8238,96 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 6335,70 Pa, pada B7 (4 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 8789,58 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 6825,93 Pa, pada B8 (2 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 12264,80 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 10362,39 Pa.

4.5.3 Hasil Running Untuk Tangki Dengan Dua Baffles Penuh

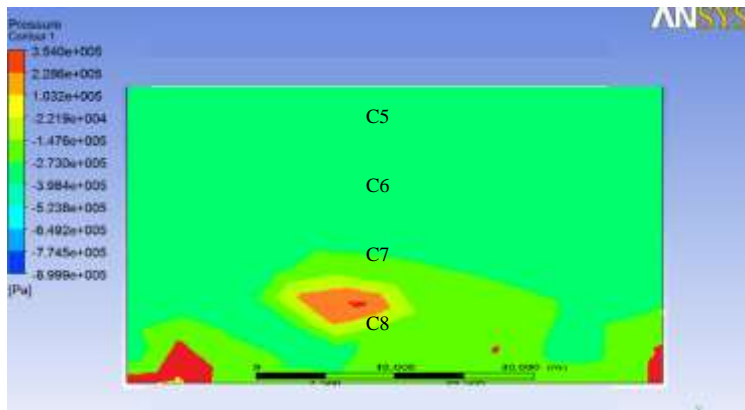
Berikut adalah hasil simulasi *Ansys Fluent* untuk tangki dengan dua *baffles* penuh, gaya yang di ambil adalah data tekanan (*pressure*).



Gambar 4.31 kontur cairan di dalam tangki



Gambar 4.32 b) kontur tekanan di dinding tangki depan dan belakang



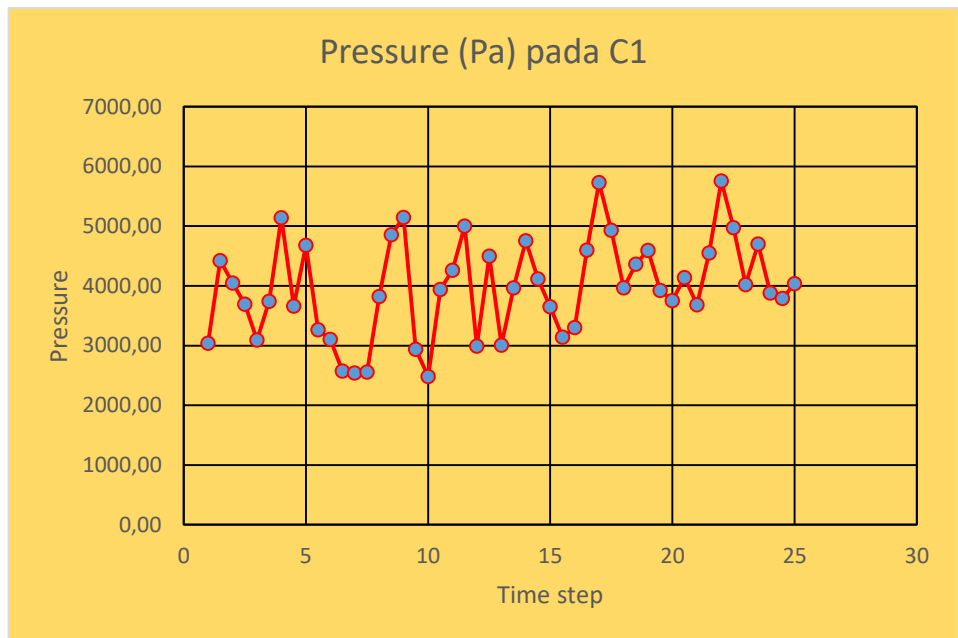
Gambar 4.33 b) kontur tekanan didinding tangki kanan dan kiri

a). Pressure Pada Dinding depan dan belakang

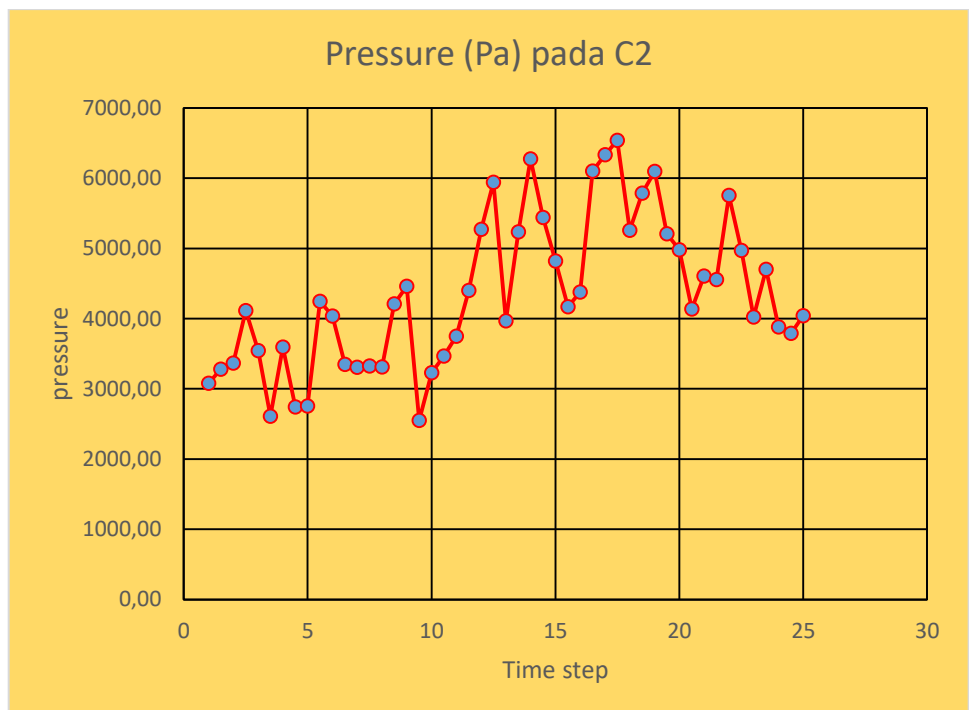
Tabel 4.5 Pressure Pada setiap luasan dinding depan dan belakang

Time Step	Tekanan (Pa) pada C1	Tekanan (Pa) pada C2	Tekanan (Pa) pada C3	Tekanan (Pa) pada C4
1	3041,04	3077,34	4694,01	5003,34
1,5	4420,89	3280,59	4947,27	4745,76
2	4050,78	3367,17	5050,53	4491,96
2,5	3696,96	4114,62	5447,97	4249,35
3	3093,12	3545,43	5278,74	3835,29
3,5	3741,96	2611,29	6111,30	4280,19
4	5140,74	3592,68	5426,01	5239,38
4,5	3660,75	2740,50	4407,18	4224,51
5	4680,72	2753,82	3087,15	3209,64
5,5	3268,02	4248,42	5650,41	3269,49
6	3105,33	4036,92	5369,10	3329,37
6,5	2574,87	3347,34	4451,97	3479,91
7	2544,42	3307,74	4399,32	3116,19
7,5	2557,98	3325,38	4422,75	2782,62
8	3821,49	3311,97	4404,93	3477,60
8,5	4859,25	4211,34	5601,09	3332,07
9	5146,98	4460,70	5932,74	4557,93
9,5	2941,14	2549,01	3390,18	3388,23

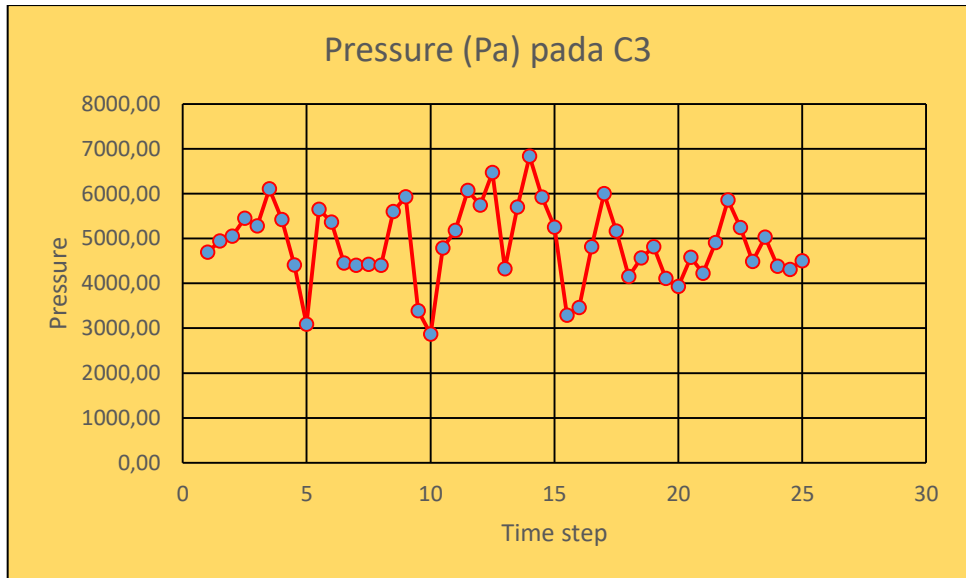
Time Step	Tekanan (Pa) pada C1	Tekanan (Pa) pada C2	Tekanan (Pa) pada C3	Tekanan (Pa) pada C4
10	2485,29	3230,88	2864,73	2389,92
10,5	3941,16	3468,21	4786,14	3388,23
11	4263,03	3751,47	5177,01	3608,94
11,5	5000,94	4400,82	6073,11	4286,34
12	2994,42	5270,16	5741,70	4792,35
12,5	4500,33	5940,45	6471,96	3943,20
13	3008,13	3970,71	4326,00	3094,05
13,5	3965,13	5233,95	5702,25	4078,41
14	4755,45	6277,20	6838,83	4891,32
14,5	4120,47	5439,03	5925,69	4238,22
15	3652,17	4820,88	5252,22	3756,54
15,5	3143,85	4168,74	3291,12	3233,67
16	3302,19	4378,71	3456,87	3396,54
16,5	4600,59	6100,41	4816,11	4732,05
17	5732,34	6334,23	6000,84	5896,11
17,5	4932,57	6540,57	5163,63	5073,51
18	3966,12	5259,09	4151,91	4079,46
18,5	4365,15	5788,20	4569,63	4489,86
19	4597,47	6096,27	4812,84	4728,84
19,5	3926,43	5206,44	4110,36	4038,63
20	3755,37	4979,64	3931,29	3862,68
20,5	4137,00	4137,00	4581,84	4255,20
21	3685,26	4606,59	4225,14	3790,56
21,5	4554,72	4554,72	4911,06	4684,86
22	5757,54	5757,54	5860,80	6922,03
22,5	4973,37	4973,37	5242,50	5115,48
23	4022,58	4022,58	4491,45	4137,51
23,5	4701,15	4701,15	5027,49	4835,46
24	3879,72	3879,72	4378,17	3990,57
24,5	3792,96	3792,96	4310,13	3901,32
25	4039,50	4039,50	4504,86	4154,91
Rata-rata	4008,15	4347,00	4878,99	5122,44



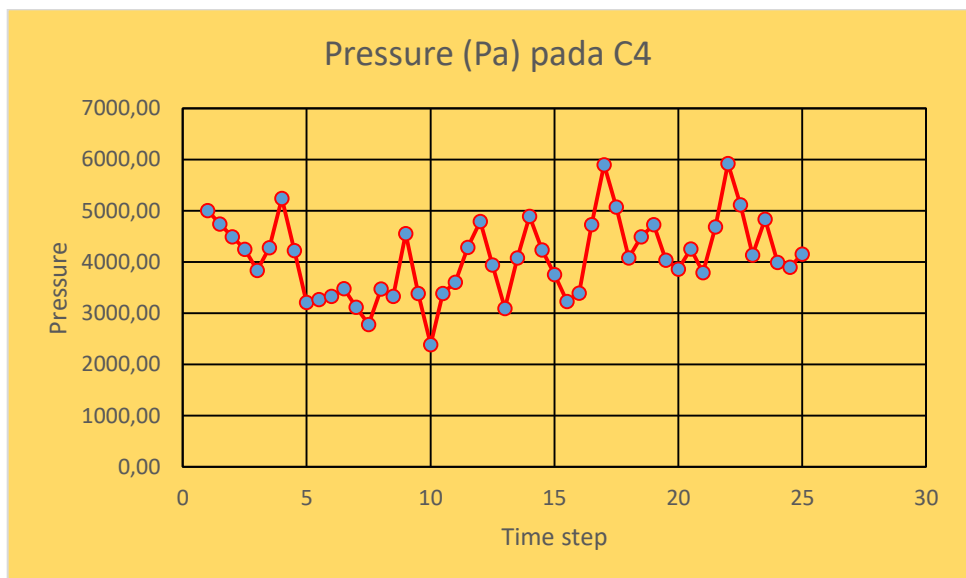
Gambar.4.34 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles area C1



Gambar.4.35 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles area C2



Gambar.4.36 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles area C3



Gambar.4.37 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles area C4

Data simulasi dengan waktu kalkulasi 25 time step untuk menunjukkan total pressure pada dinding tangki adalah sebagai berikut. Dinding depan pada C1 (8 m dari dasar tangki dengan luas 23 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 5757,54 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 4008,15 Pa. Pada C2 (6 m dari dasar tangki dengan luas 23m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 6540,57 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 4347,00 Pa.

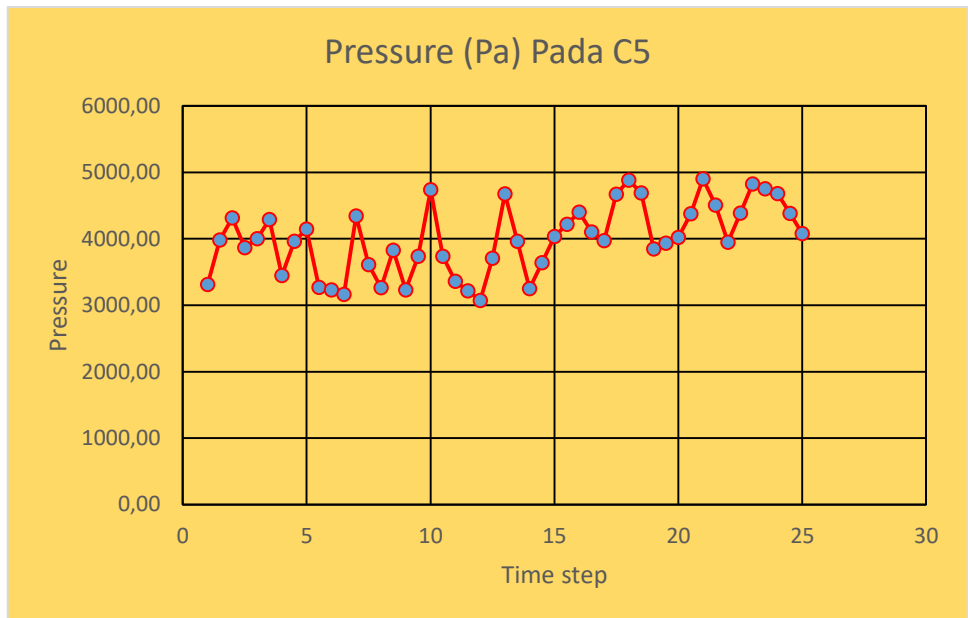
Pada C3 (4 m dari dasar tangki dengan luas 23 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 6838,83 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 4878,99 Pa. Pada C4 (2 m dari dasar tangki dengan luas 23 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 6922,03 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 5122,44 Pa.

b). Pressure Pada Dinding Kanan dan Kiri

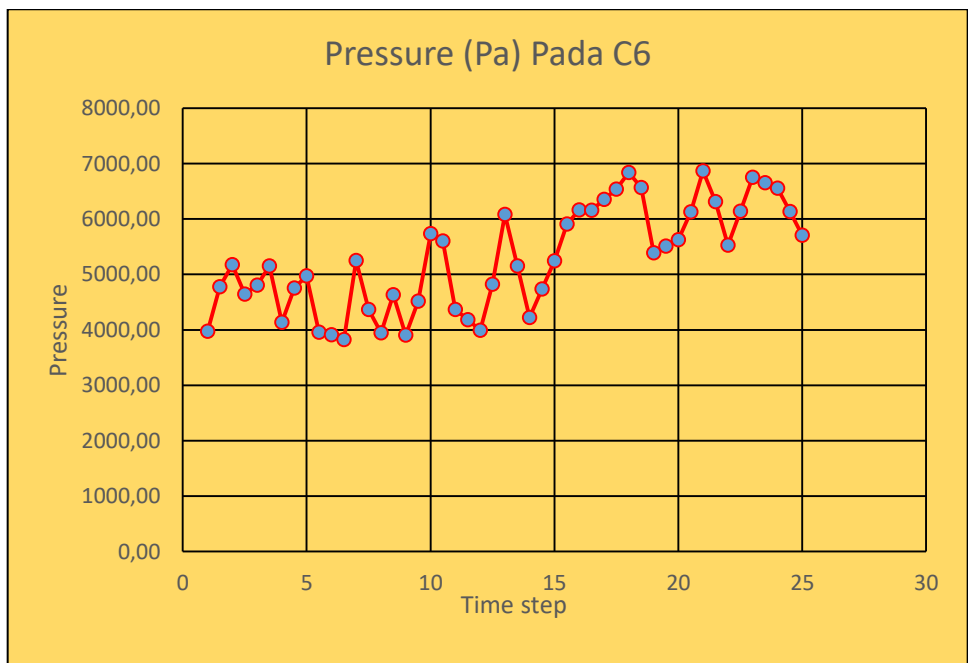
Tabel 4.6 Pressure Pada setiap luasan dinding kanan dan kiri

Timt Step	Pressure (Pa) Pada C5	Pressure (Pa) Pada C6	Pressure (Pa) Pada C7	Pressure (Pa) Pada C8
1	3313,05	3975,65	4638,27	5830,95
1,5	3980,90	4777,07	5573,25	7006,38
2	4315,43	5178,50	6041,58	7595,13
2,5	3869,35	4643,23	5417,10	6810,09
3	4003,65	4804,37	5605,14	7046,43
3,5	4292,00	5150,40	6008,79	7553,91
4	3446,27	4135,52	4824,78	6065,43
4,5	3962,68	4755,23	5547,75	6974,31
5	4145,75	4974,90	5804,04	7296,51
5,5	3271,97	3959,08	4580,76	5758,65
6	3231,53	3910,13	4524,12	5687,46
6,5	3161,70	3825,65	4426,38	5564,61
7	4341,88	5253,65	6078,63	7641,69
7,5	3610,70	4368,95	5054,97	6354,84
8	3262,85	3948,05	4568,01	5742,63
8,5	3829,43	4633,63	5361,21	7046,16
9	3229,33	3907,50	4521,09	5683,62
9,5	3735,23	4519,63	5229,33	6574,02
10	4741,13	5736,77	6637,59	7585,83
10,5	3735,23	5602,85	5229,33	6574,02
11	3359,48	4367,33	4703,28	5912,70

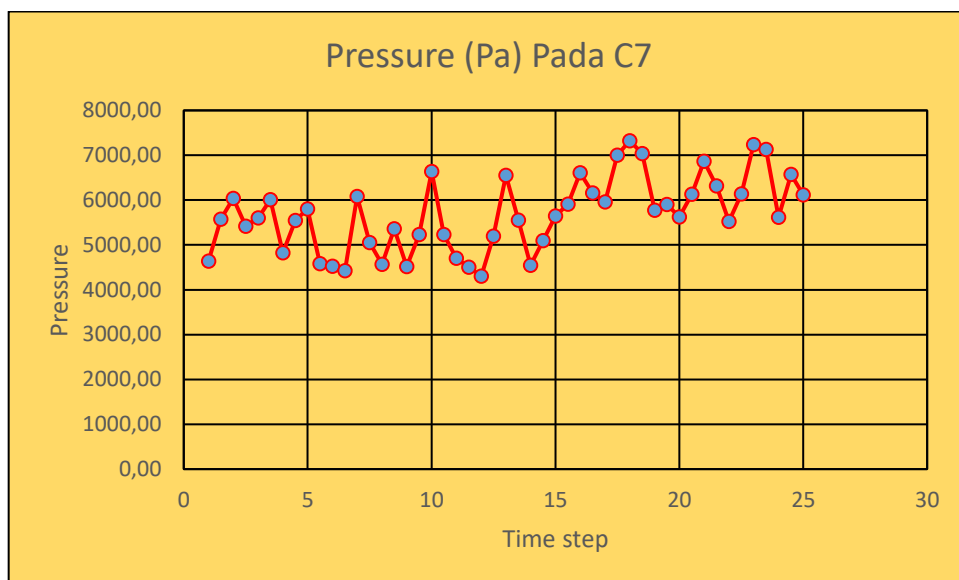
Timt Step	Pressure (Pa) Pada C5	Pressure (Pa) Pada C6	Pressure (Pa) Pada C7	Pressure (Pa) Pada C8
11,5	3216,28	4181,15	4502,79	5660,61
12	3073,05	3994,97	4302,27	5408,55
12,5	3709,25	4822,03	5192,94	6528,27
13	4678,78	6082,43	6550,29	7860,36
13,5	3964,22	5153,50	5549,94	6977,07
14	3249,68	4224,58	4549,53	5719,41
14,5	3642,02	4734,65	5098,86	6409,98
15	4034,38	5244,70	5648,13	7100,52
15,5	4219,22	5906,90	5906,91	7425,81
16	4404,02	6165,65	6606,06	7751,10
16,5	4104,35	6156,53	6156,54	7223,67
17	3971,33	6354,13	5957,01	6989,55
17,5	4669,43	6537,20	7004,16	7471,11
18	4883,10	6836,35	7324,65	7812,96
18,5	4692,28	6569,20	7038,42	7507,65
19	3850,37	5390,53	5775,54	6776,64
19,5	3935,05	5509,07	5902,59	6925,68
20	4019,72	5627,63	5627,64	6431,58
20,5	4378,63	6130,07	6130,08	7706,37
21	4904,15	6865,80	6865,80	7061,97
21,5	4509,50	6313,30	6313,29	7936,71
22	3948,17	5527,43	5527,44	6948,78
22,5	4386,50	6141,10	6141,09	7720,23
23	4824,83	6754,75	7237,23	8105,70
23,5	4754,23	6655,93	7131,36	7606,77
24	4683,62	6557,08	5620,35	8243,19
24,5	4381,13	6133,58	6571,68	7710,75
25	4078,60	5710,05	6117,90	7178,34
Rata-rata	4000,10	5279,75	5688,27	6908,25



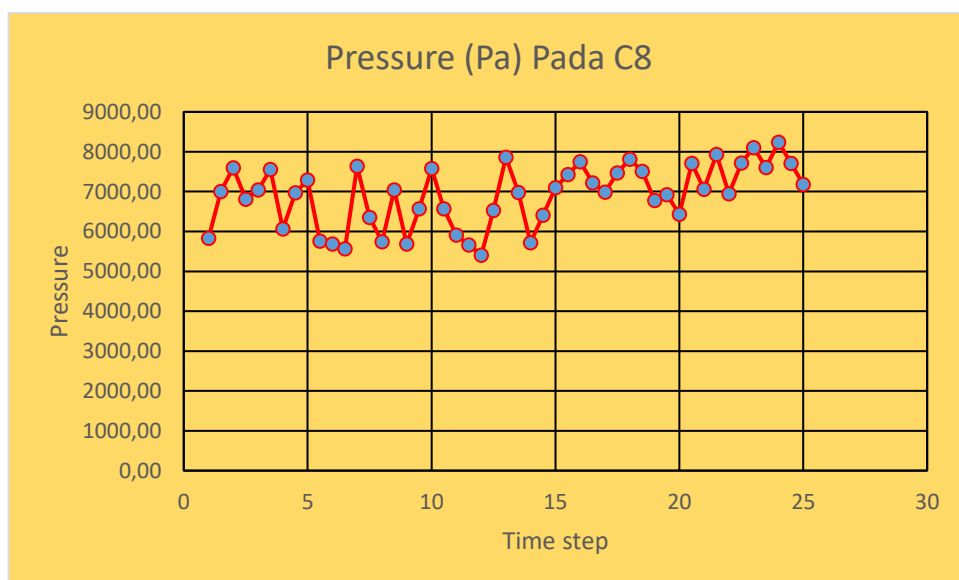
Gambar.4.38 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles area C5



Gambar.4.39 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles area C6



Gambar.4.40 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles area C7



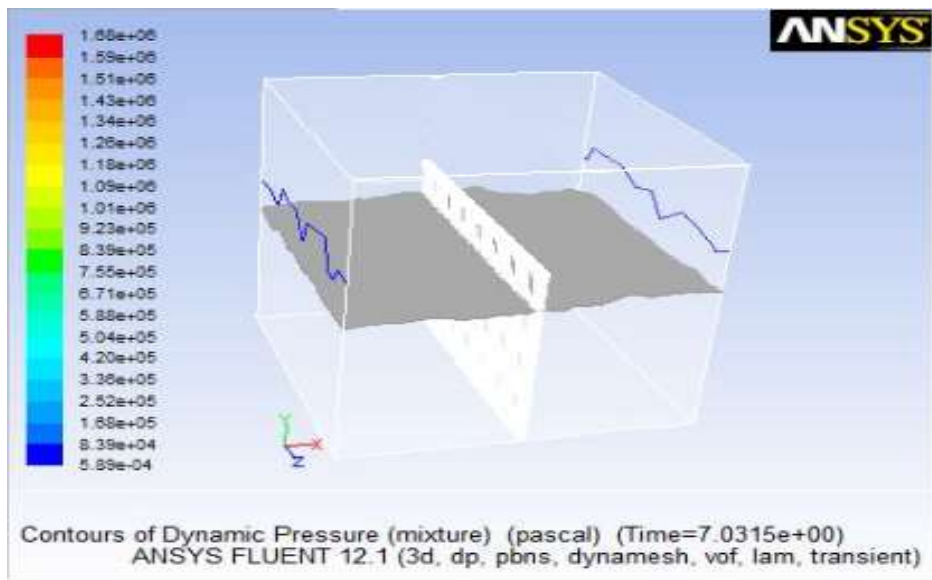
Gambar.4.41 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles area C8

Dinding pada area C5 (8 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 4904,15 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 4000,10 Pa. Pada C6 (6 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 6865,80 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 5279,75 Pa. Pada C7 (4 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 7324,65 Pa dan total pressure rata

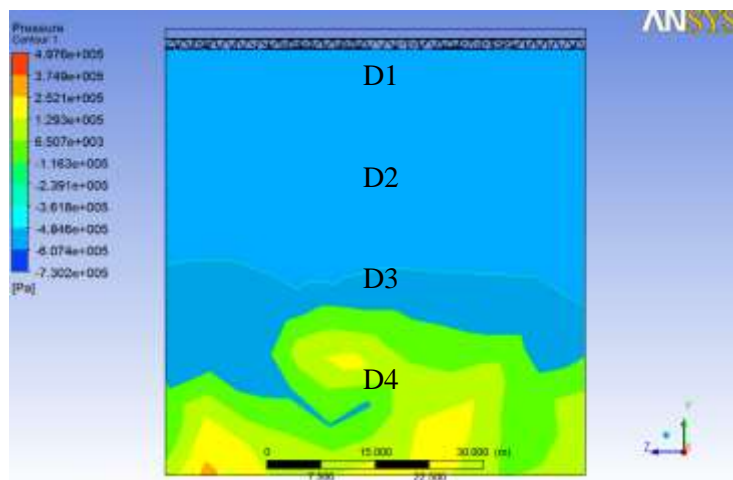
- rata sebesar 5688,27 Pa, pada C8 (2 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 8243,19 Pa dan total pressure rata
- rata sebesar 6908,25 Pa

4.5.4 Hasil Running Untuk Tangki Dengan Satu Baffles Berlubang

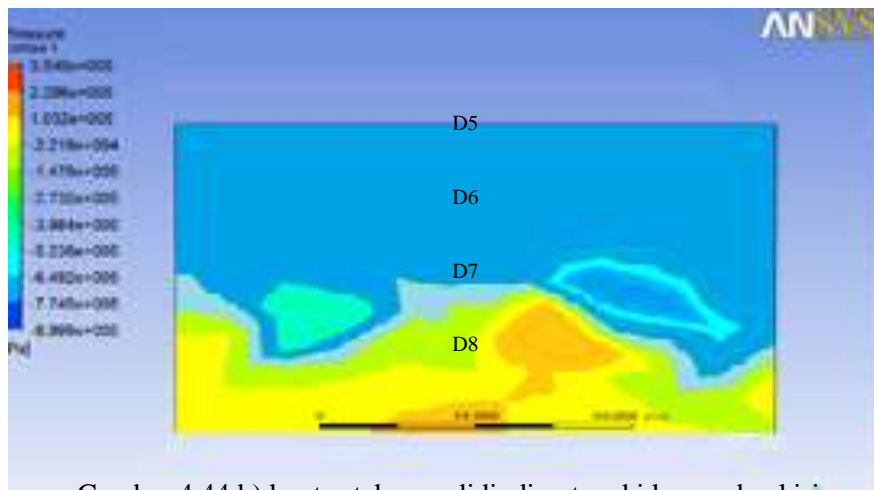
Berikut adalah hasil simulasi *Ansys Fluent* untuk tangki dengan satu *baffles* berlubang, gaya yang di ambil adalah data tekanan (*pressure*).



Gambar 4.42 kontur cairan di dalam tangki



Gambar 4.43 a) kontur tekanan di dinding tangki depan dan belakang



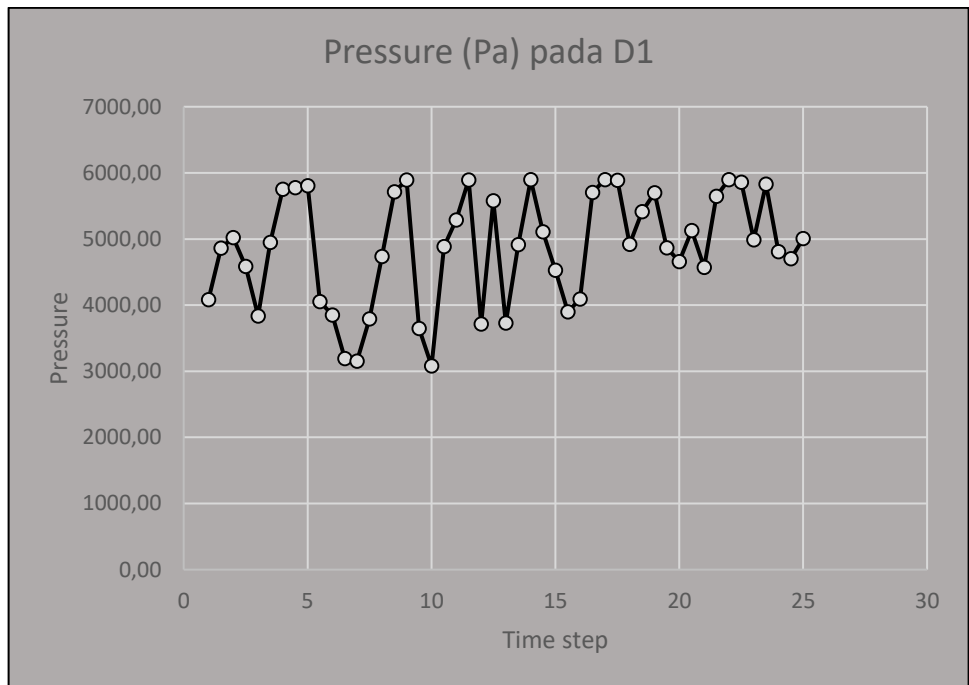
Gambar 4.44 b) kontur tekanan didinding tangki kanan dan kiri

a). Pressure Pada Dinding Depan dan Belakang

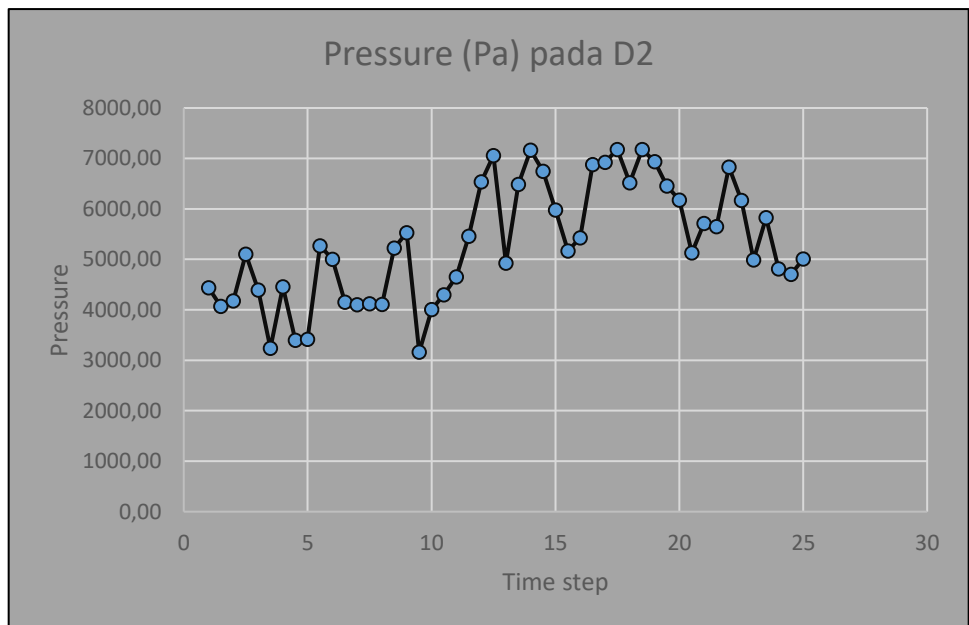
Tabel 4.7 Pressure Pada setiap luasan dinding depan dan belakang

Time Step	Pressure (Pa) pada D1	Pressure (Pa) pada D2	Pressure (Pa) pada D3	Pressure (Pa) pada D4
1	4080,87	4435,91	5820,58	6618,15
1,5	4861,92	4067,94	6134,61	6865,53
2	5022,96	4175,30	6262,64	6498,37
2,5	4584,22	5102,14	6755,48	6147,37
3	3835,48	4396,30	6545,65	5548,62
3,5	4950,02	3238,01	7578,01	6192,01
4	5754,81	4454,89	6728,24	6959,65
4,5	5779,39	3398,31	5464,89	6111,49
5	5804,10	3414,71	3828,07	4643,28
5,5	4052,35	5268,05	7006,51	4729,88
6	3850,60	5005,76	6657,69	4816,48
6,5	3192,85	4150,68	5520,43	5034,30
7	3155,09	4101,61	5455,14	4508,07
7,5	3791,89	4123,43	5484,19	4025,51
8	4738,85	4106,82	5462,09	5030,94
8,5	5715,69	5222,07	6945,36	4820,39

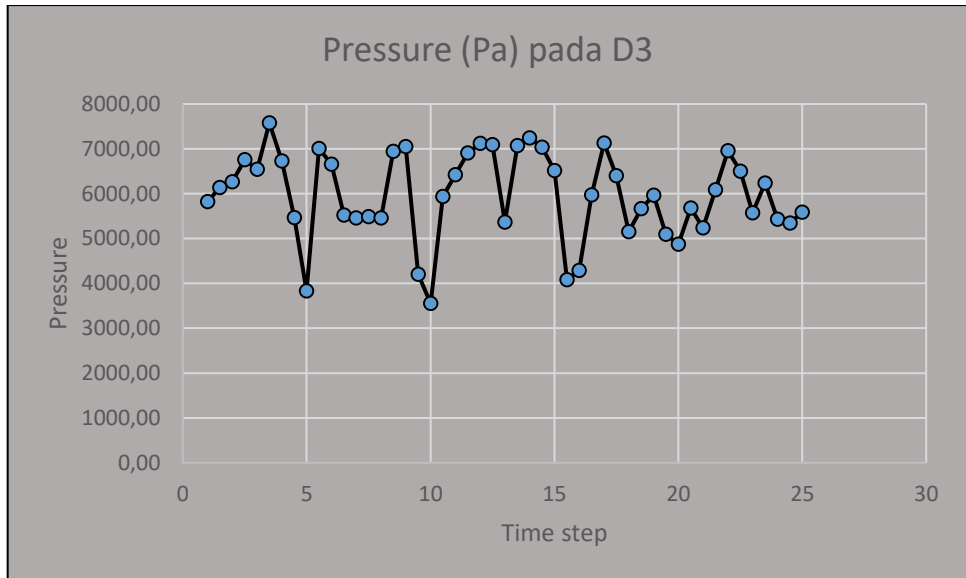
Time Step	Pressure (Pa) pada D1	Pressure (Pa) pada D2	Pressure (Pa) pada D3	Pressure (Pa) pada D4
9	5895,55	5531,27	7046,61	6593,80
9,5	3647,03	3160,73	4203,80	4901,62
10	3081,77	4006,29	3552,26	3457,42
10,5	4887,03	4300,57	5934,80	4901,62
11	5286,15	4651,80	6419,50	5220,92
11,5	5891,15	5456,99	6910,67	6200,92
12	3713,06	6534,99	7119,72	6932,91
12,5	5580,40	7056,13	7095,22	5704,51
13	3730,04	4923,67	5364,22	4476,08
13,5	4916,72	6490,10	7070,80	5900,09
14	5896,76	7163,70	7240,16	7076,11
14,5	5109,39	6744,39	7037,86	6131,28
15	4528,70	5977,89	6512,76	5434,45
15,5	3898,37	5169,22	4080,98	4678,05
16	4094,70	5429,56	4286,51	4913,65
16,5	5704,74	6882,47	5971,97	6845,69
17	5899,70	6924,44	7131,05	6979,72
17,5	5890,06	7180,31	6402,89	7339,66
18	4918,00	6521,25	5148,37	5901,61
18,5	5412,79	7177,34	5666,33	6495,34
19	5700,87	6939,35	5967,92	6841,06
19,5	4868,77	6456,00	5096,84	5842,53
20	4656,67	6174,74	4874,80	5588,01
20,5	5129,88	5129,88	5681,48	6155,86
21	4569,71	5712,15	5239,16	5483,68
21,5	5647,86	5647,86	6089,71	6777,44
22	5896,23	6829,33	6957,38	7327,21
22,5	5856,99	6166,99	6500,70	7090,39
23	4987,96	4987,98	5569,39	5985,58
23,5	5829,43	5829,43	6234,10	6995,31
24	4810,86	4810,87	5428,92	5773,04
24,5	4703,26	4703,26	5344,56	5643,91
25	5009,20	5008,98	5586,04	6010,78
Rata-rata	4350,11	4522,28	4809,93	5240,46



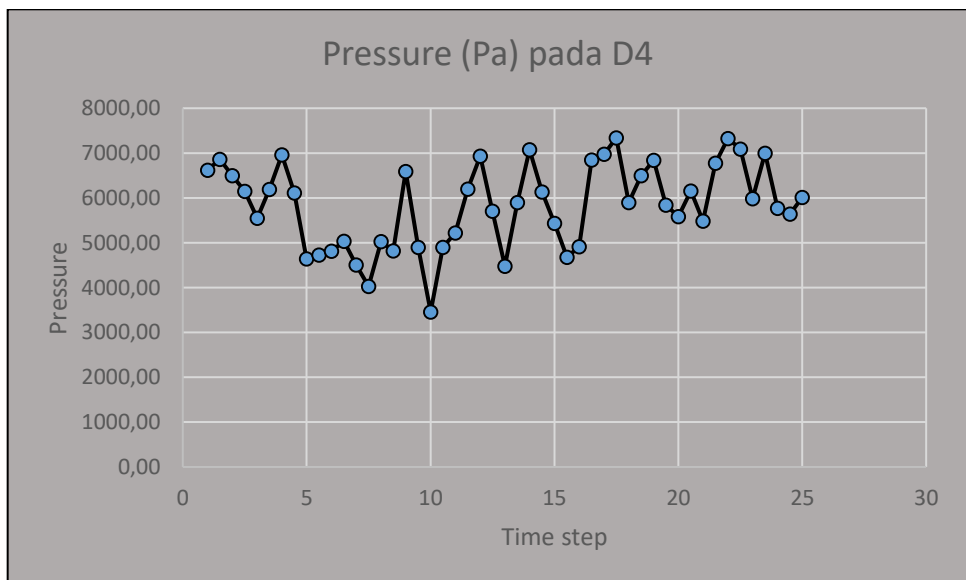
Gambar.4.45 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles berlubang area D1



Gambar.4.46 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles berlubang area D2



Gambar.4.47 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles berlubang area D3



Gambar.4.48 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles Berlubang area D4

Data simulasi dengan waktu kalkulasi 25 time step untuk menunjukkan total pressure pada dinding tangki adalah sebagai berikut. Dinding pada area D1 (8 m dari dasar tangki dengan luas 23 m^2) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 5899,70 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 4350,11 Pa, Pada D2 (6 m dari dasar tangki dengan luas 23 m^2) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 7163,70 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 4522,28 Pa,

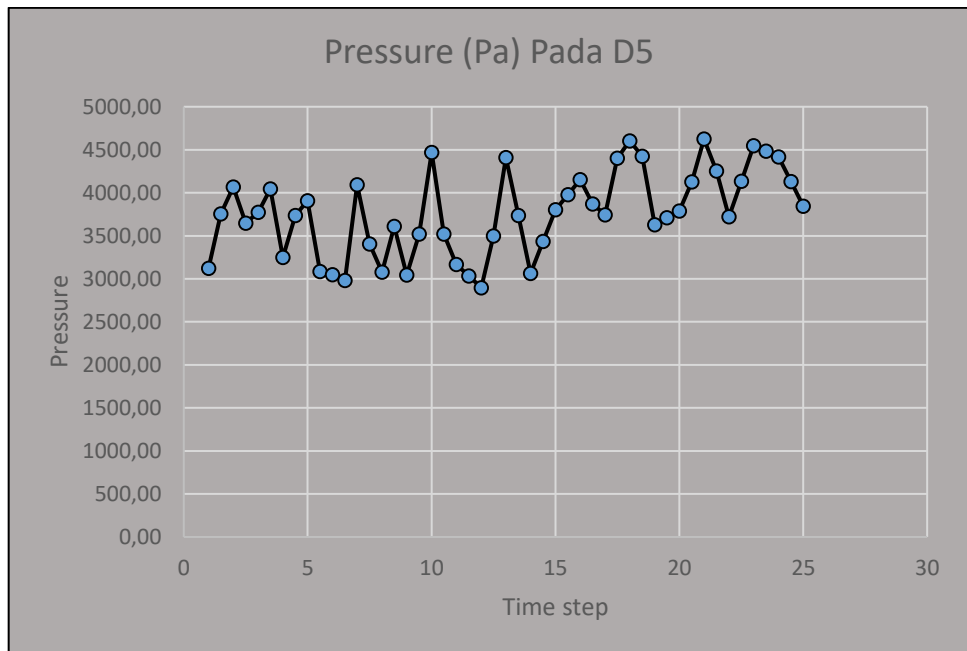
Pada D3 (4 m dari dasar tangki dengan luas 23 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 7578,01 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 4809,93 Pa, Pada D4 (2 m dari dasar tangki dengan luas 23m) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 7339,66 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 5240,46 Pa.

b). Pressure Pada Dinding depan dan belakang

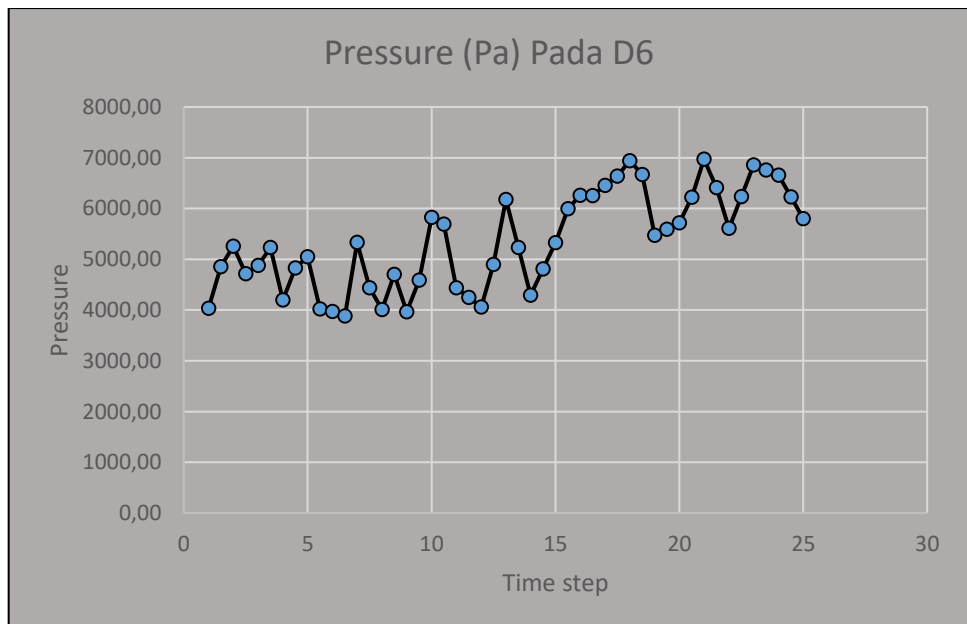
Tabel 4.8 Pressure Pada setiap luasan dinding depan dan belakang

Time Step	Pressure (Pa) Pada D5	Pressure (Pa) Pada D6	Pressure (Pa) Pada D7	Pressure (Pa) Pada D8
1	3123,73	4036,82	4709,63	6207,14
1,5	3753,42	4850,57	5659,01	7458,40
2	4068,83	5258,15	6134,54	8085,17
2,5	3648,25	4714,64	5500,44	7249,44
3	3774,87	4878,29	5691,35	7501,03
3,5	4046,74	5229,64	6101,24	8041,28
4	3249,35	4199,15	4899,02	6456,75
4,5	3736,24	4828,40	5633,10	7424,27
5	3908,85	5051,44	5893,34	7767,28
5,5	3085,01	4019,99	4651,22	6130,18
6	3046,87	3970,30	4593,73	6054,38
6,5	2981,03	3884,50	4494,47	5923,60
7	4093,77	5334,48	6172,16	8134,70
7,5	3404,38	4436,16	5132,75	6764,84
8	3076,40	4008,77	4638,28	6113,12
8,5	3610,60	4704,91	5443,68	7500,74
9	3044,79	3967,62	4590,63	6050,32
9,5	3521,78	4589,15	5309,77	6998,15
10	4470,20	5825,03	6739,69	8075,23
10,5	3521,78	5689,04	5309,77	6998,15
11	3167,51	4434,51	4775,63	6294,16

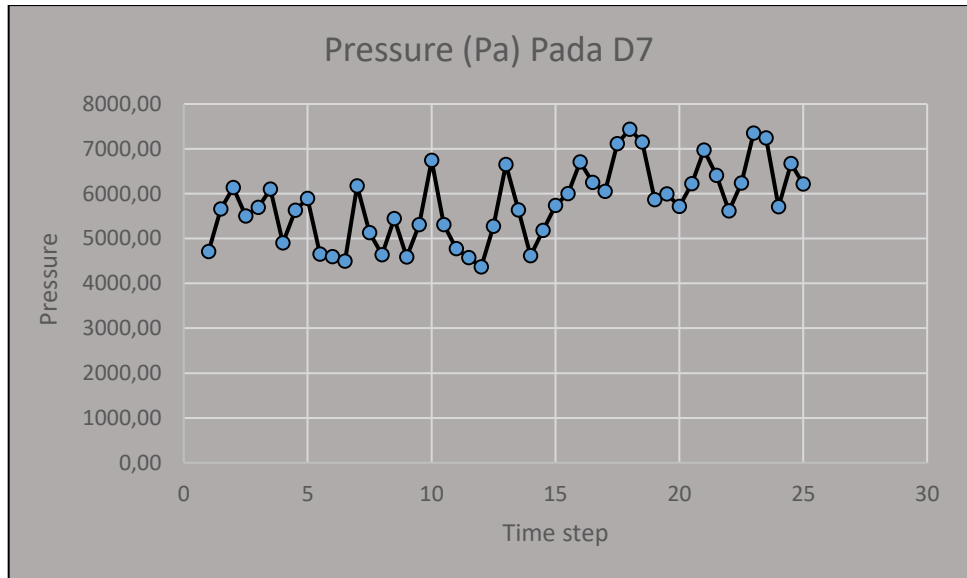
Time Step	Pressure (Pa) Pada D5	Pressure (Pa) Pada D6	Pressure (Pa) Pada D7	Pressure (Pa) Pada D8
11,5	3032,49	4245,48	4572,05	6025,83
12	2897,45	4056,43	4368,47	5757,51
12,5	3497,29	4896,21	5272,84	6949,47
13	4411,42	6176,02	6651,08	8367,48
13,5	3737,70	5232,78	5635,31	7427,18
14	3063,98	4289,57	4619,51	6088,40
14,5	3433,91	4807,51	5177,30	6823,54
15	3803,84	5325,38	5735,00	7558,62
15,5	3978,13	5997,78	5997,78	7904,92
16	4152,37	6260,50	6707,68	8251,16
16,5	3869,81	6251,26	6251,26	7689,69
17	3744,39	6451,90	6048,64	7440,48
17,5	4402,60	6637,79	7111,90	7953,10
18	4604,06	6941,52	7437,34	8317,02
18,5	4424,15	6670,26	7146,71	7992,04
19	3630,35	5473,45	5864,40	7213,83
19,5	3710,19	5593,83	5993,39	7372,50
20	3790,03	5714,21	5714,21	6846,51
20,5	4128,42	6224,39	6224,39	8203,54
21	4623,91	6971,42	6971,42	7517,60
21,5	4251,82	6410,42	6410,42	8448,76
22	3722,57	5612,48	5612,48	7397,08
22,5	4135,84	6235,58	6235,58	8218,32
23	4549,12	6858,65	7348,57	8628,64
23,5	4482,56	6758,33	7241,06	8097,54
24	4415,99	6657,95	5706,82	8775,03
24,5	4130,78	6227,93	6672,77	8208,22
25	3845,54	5797,90	6212,02	7641,45
Rata-rata	3771,52	5360,98	5775,79	7353,95



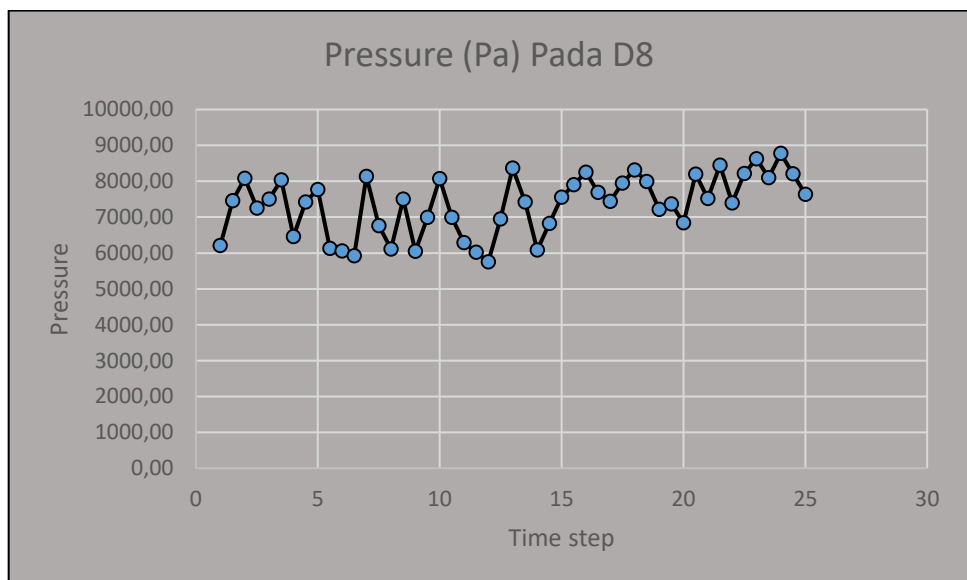
Gambar.4.49 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles berlubang area D5



Gambar.4.50 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles berlubang area D6



Gambar.4.51 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles berlubang area D7



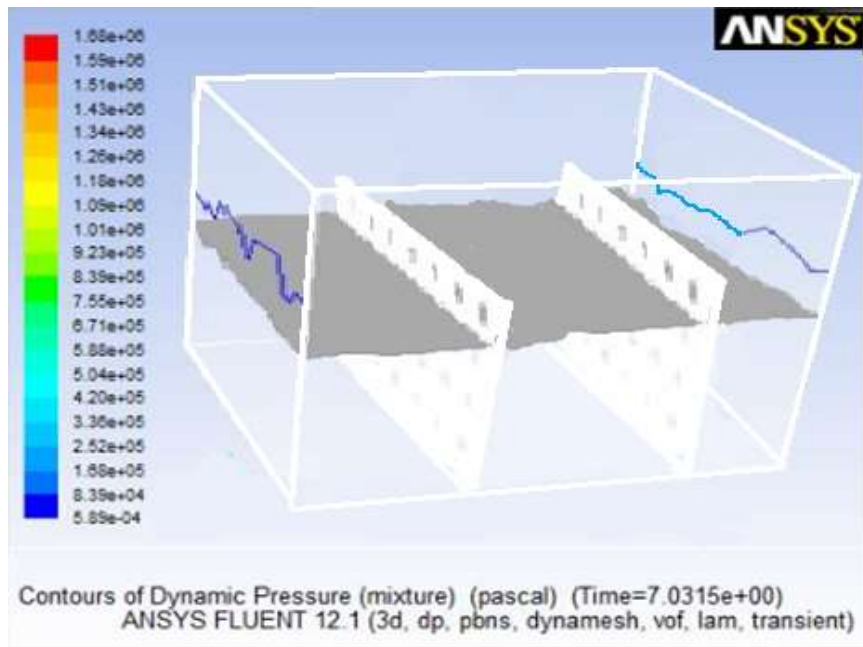
Gambar.4.52 Grafik tekanan pada tangki dengan satu baffles berlubang area D8

Dinding pada D5 (8 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 4623,91 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 3771,52 Pa, Pada D6 (6 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 6971,42 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 5360,98 Pa, Pada D7 (4 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 7437,34 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 5775,79 Pa, pada D8 (2 m dari dasar tangki dengan

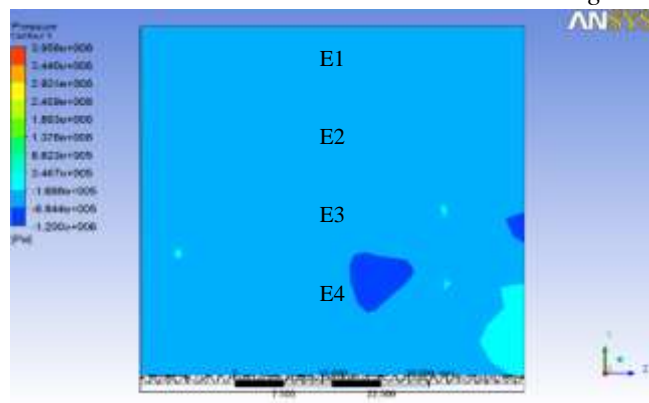
luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 8775,03 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 7353,95 Pa..

4.5.5 Hasil Running Untuk Tangki Dengan Dua Baffles Berlubang

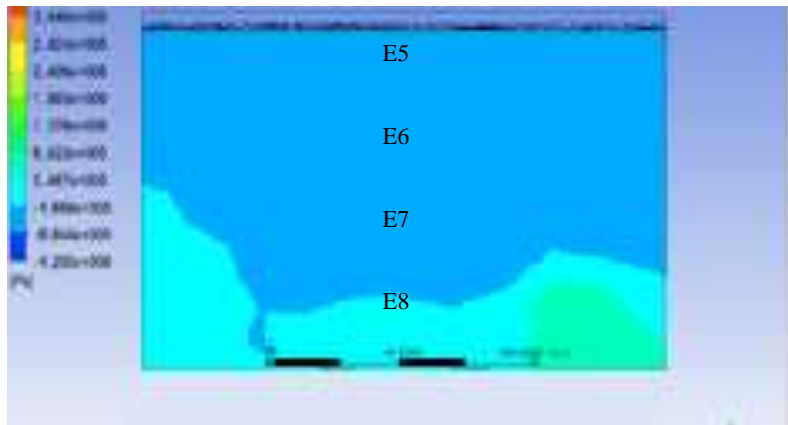
Berikut adalah hasil simulasi *Ansys Fluent* untuk tangki dengan dua *baffles* berlubang, gaya yang di ambil adalah data tekanan (*pressure*).



Gambar 4.53 kontur cairan di dalam tangki



Gambar 4.54 a) kontur tekanan di dinding tangki depan



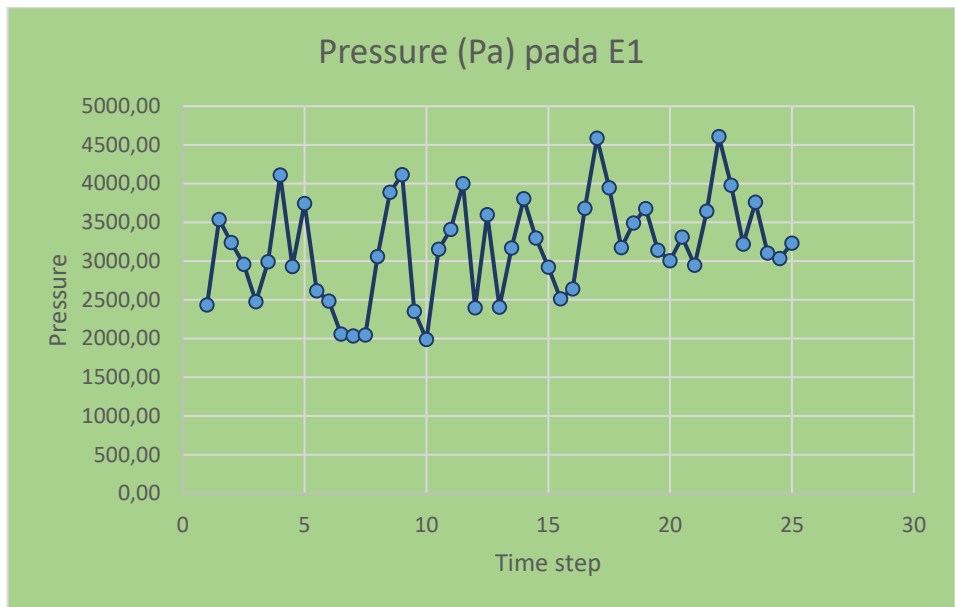
Gambar 4.55 b) kontur tekanan dinding tangki belakang

a). Pressure Pada Dinding Depan dan Belakang

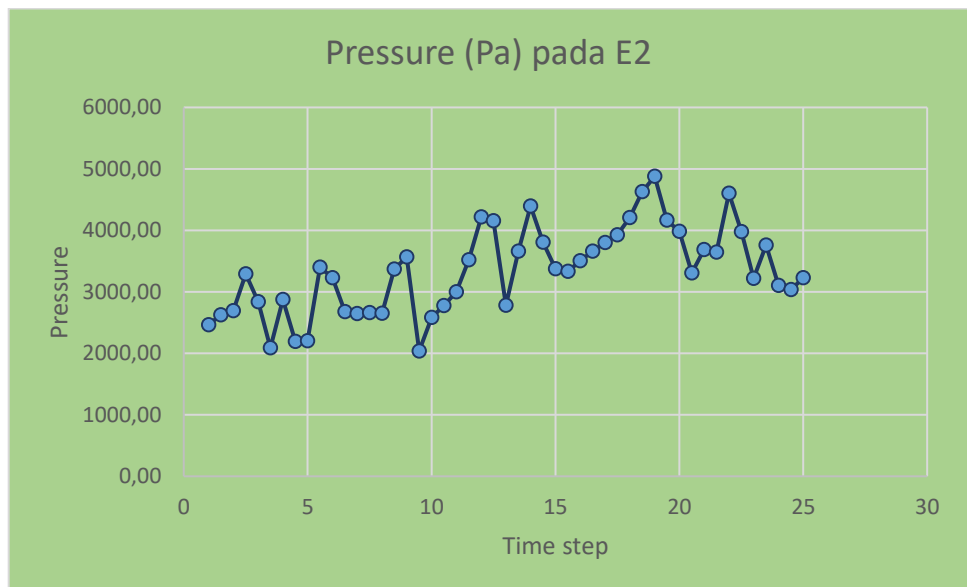
Tabel 4.9 Pressure Pada setiap luasan dinding depan dan belakang

Time Step	Pressure (Pa) pada E1	Pressure (Pa) pada E2	Pressure (Pa) pada E3	Pressure (Pa) pada E4
1	2432,83	2461,87	3755,21	4002,67
1,5	3536,71	2624,47	3957,82	3796,61
2	3240,62	2693,74	4040,42	3593,57
2,5	2957,57	3291,70	4358,38	3399,48
3	2474,50	2836,34	4222,99	3068,23
3,5	2993,57	2089,03	4889,04	3424,15
4	4112,59	2874,14	4340,81	4191,50
4,5	2928,60	2192,40	3525,74	3379,61
5	3744,58	2203,06	2469,72	2567,71
5,5	2614,42	3398,74	4520,33	2615,59
6	2484,26	3229,54	4295,28	2663,50
6,5	2059,90	2677,87	3561,58	2783,93
7	2035,54	2646,19	3519,46	2492,95
7,5	2046,38	2660,30	3538,20	2226,10
8	3057,19	2649,58	3523,94	2782,08
8,5	3887,40	3369,07	4480,87	2665,66
9	4117,58	3568,56	4746,19	3646,34

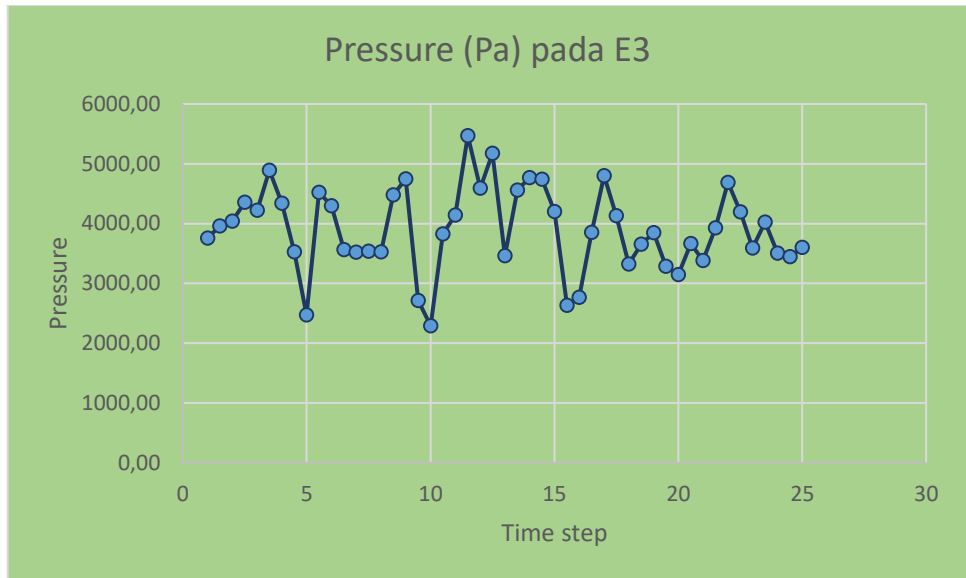
Time Step	Pressure (Pa) pada E1	Pressure (Pa) pada E2	Pressure (Pa) pada E3	Pressure (Pa) pada E4
9,5	2352,91	2039,21	2712,14	2710,58
10	1988,23	2584,70	2291,78	1911,94
10,5	3152,93	2774,57	3828,91	2710,58
11	3410,42	3001,18	4141,61	2887,15
11,5	4000,75	3520,66	5471,06	3429,07
12	2395,54	4216,13	4593,36	3833,88
12,5	3600,26	4158,32	5177,57	3154,56
13	2406,50	2779,50	3460,80	2475,24
13,5	3172,10	3663,77	4561,80	3262,73
14	3804,36	4394,04	4765,98	3913,06
14,5	3296,38	3807,32	4740,55	3390,58
15	2921,74	3374,62	4201,78	3005,23
15,5	2515,08	3334,99	2632,90	2586,94
16	2641,75	3502,97	2765,50	2717,23
16,5	3680,47	3660,25	3852,89	3785,64
17	4585,87	3800,54	4800,67	4716,89
17,5	3946,06	3924,34	4130,90	4058,81
18	3172,90	4207,27	3321,53	3263,57
18,5	3492,12	4630,56	3655,70	3591,89
19	3677,98	4877,02	3850,27	3783,07
19,5	3141,14	4165,15	3288,29	3230,90
20	3004,30	3983,71	3145,03	3090,14
20,5	3309,60	3309,60	3665,47	3404,16
21	2948,21	3685,27	3380,11	3032,45
21,5	3643,78	3643,78	3928,85	3747,89
22	4606,03	4606,03	4688,64	5537,62
22,5	3978,70	3978,70	4194,00	4092,38
23	3218,06	3218,06	3593,16	3310,01
23,5	3760,92	3760,92	4021,99	3868,37
24	3103,78	3103,78	3502,54	3192,46
24,5	3034,37	3034,37	3448,10	3121,06
25	3231,60	3231,60	3603,89	3323,93
Rata-rata	3206,52	3477,60	3903,19	4097,95



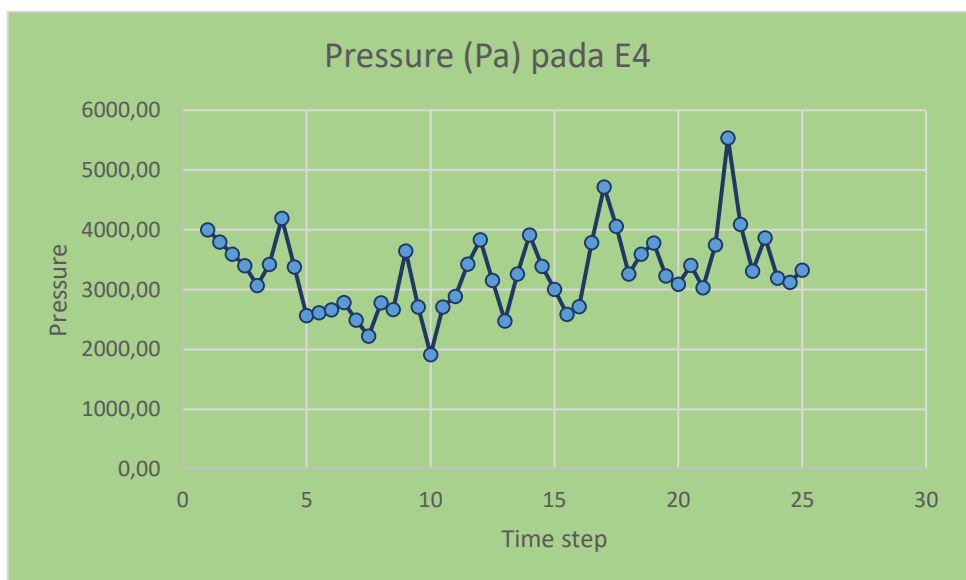
Gambar.4.56 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles berlubang area E2



Gambar.4.57 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles berlubang area E2



Gambar.4.58 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles berlubang area E3



Gambar.4.59 Grafik tekanan pada dengan tangki dua baffles berlubang area E4

Hasil simulasi dengan waktu kalkulasi 25 time step untuk menunjukkan total pressure pada dinding tangki adalah sebagai berikut. Dinding depan pada E1 (8 m dari dasar tangki dengan luas 23m^2) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 4606,03 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 3206,52 Pa. Pada E2 (6 m dari dasar tangki dengan luas 23m^2) menunjukkan total pressure

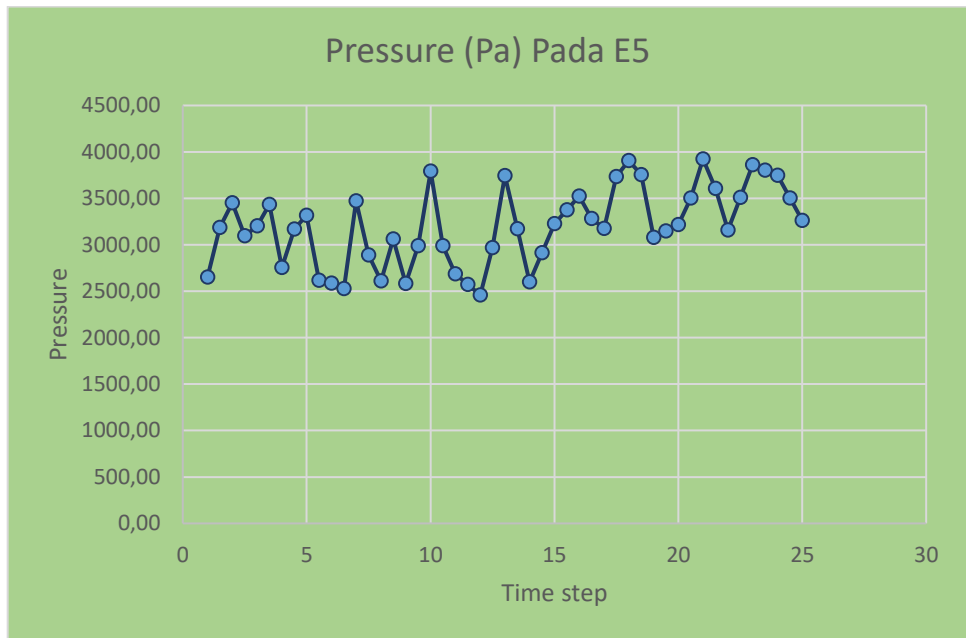
maksimal sebesar 4877,02 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 3477,60 Pa. Pada D3 (4 m dari dasar tangki dengan luas 23m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 5471,06 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 3903,19 Pa. Pada D4 (2 m dari dasar tangki dengan luas 23m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 5537,62 Pa, dan total pressure rata-rata sebesar 4097,95 Pa.

b). Pressure Pada Dinding Kanan dan Kiri

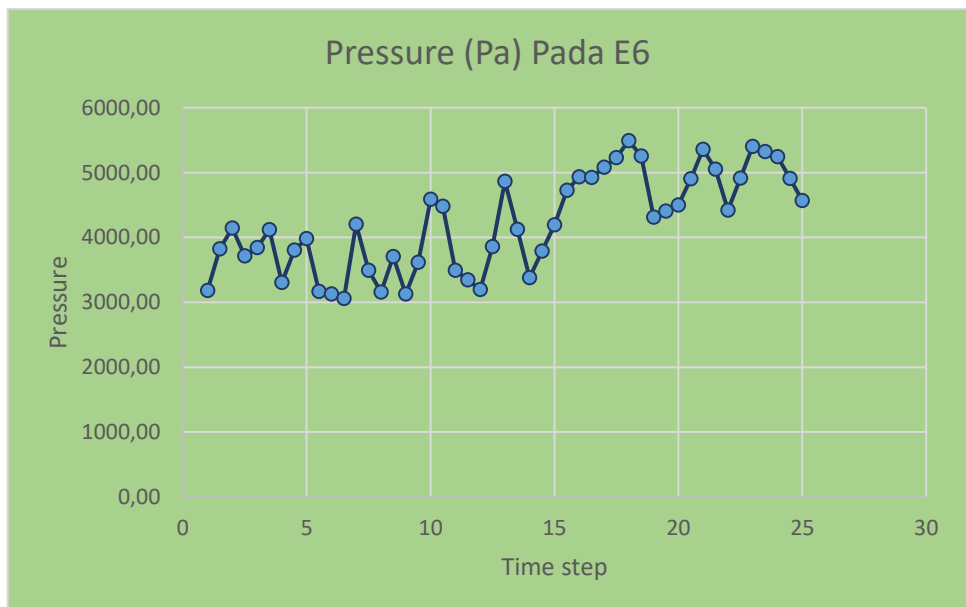
Tabel 4.10 Pressure Pada setiap luasan dinding kanan dan kiri

Time Step	Pressure (Pa) Pada E5	Pressure (Pa) Pada E6	Pressure (Pa) Pada E7	Pressure (Pa) Pada E8
1	2650,44	3180,52	3710,61	4664,75
1,5	3184,72	3821,65	4458,59	5605,10
2	3452,34	4142,79	4833,26	6076,10
2,5	3095,48	3714,58	4333,67	5448,07
3	3202,92	3843,49	4484,11	5637,14
3,5	3433,60	4120,31	4807,03	6043,12
4	2757,01	3308,41	3859,82	4852,34
4,5	3170,14	3804,18	4438,19	5579,44
5	3316,60	3979,92	4643,23	5837,20
5,5	2617,57	3167,26	3664,60	4606,91
6	2585,22	3128,10	3619,29	4549,96
6,5	2529,36	3060,52	3541,10	4451,68
7	3473,50	4202,91	4862,90	6113,34
7,5	2888,56	3495,16	4043,97	5083,87
8	2610,28	3158,44	3654,40	4594,10
8,5	3063,54	3706,90	4288,96	5636,92
9	2583,46	3126,00	3616,87	4546,89
9,5	2988,18	3615,70	4183,46	5259,21
10	3792,90	4589,41	5310,07	6068,66
10,5	2988,18	4482,27	4183,46	5259,21

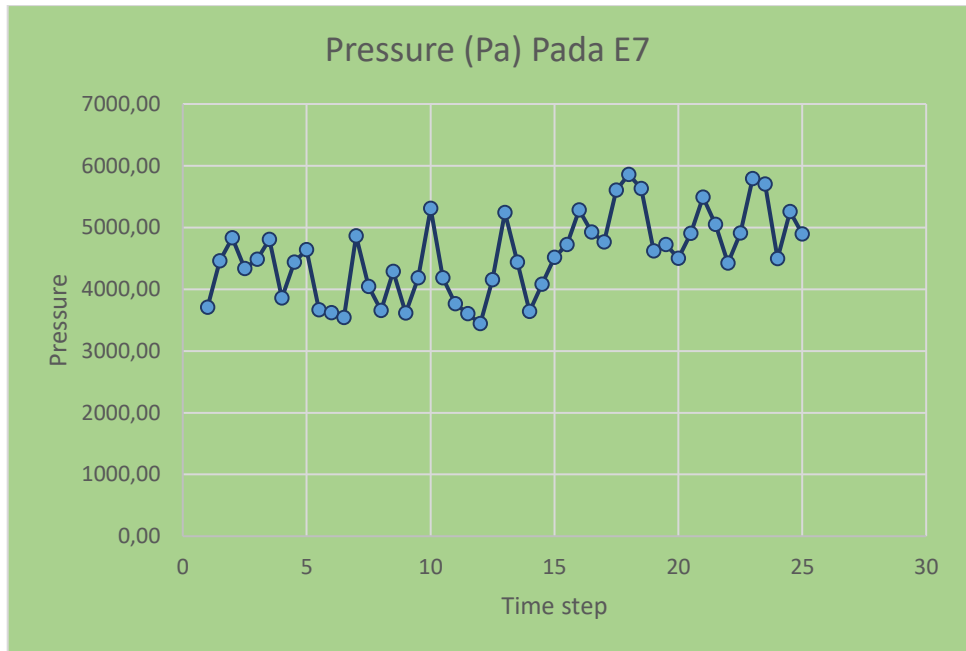
Time Step	Pressure (Pa) Pada E5	Pressure (Pa) Pada E6	Pressure (Pa) Pada E7	Pressure (Pa) Pada E8
11	2687,58	3493,86	3762,62	4730,15
11,5	2573,02	3344,92	3602,23	4528,48
12	2458,44	3195,97	3441,81	4326,83
12,5	2967,40	3857,62	4154,35	5222,61
13	3743,02	4865,94	5240,23	6288,28
13,5	3171,37	4122,79	4439,95	5581,65
14	2599,74	3379,66	3639,62	4575,52
14,5	2913,61	3787,72	4079,08	5127,98
15	3227,50	4195,75	4518,50	5680,41
15,5	3375,37	4725,51	4725,52	5940,64
16	3523,21	4932,51	5284,84	6200,87
16,5	3283,48	4925,22	4925,23	5778,93
17	3177,06	5083,30	4765,60	5591,63
17,5	3735,54	5229,75	5603,32	5976,88
18	3906,48	5492,63	5859,71	6250,36
18,5	3753,82	5255,35	5630,73	6006,11
19	3080,29	4312,42	4620,43	5421,31
19,5	3148,04	4407,25	4722,07	5540,54
20	3215,77	4502,10	4502,11	5145,26
20,5	3502,90	4904,05	4904,06	6594,54
21	3923,32	5356,87	5492,63	5649,57
21,5	3607,60	5050,63	5050,63	6349,36
22	3158,53	4421,94	4421,95	5559,02
22,5	3509,20	4912,87	4912,87	6176,18
23	3859,86	5403,79	5789,78	6484,55
23,5	3803,38	5324,74	5705,08	6085,41
24	3746,89	5245,66	4496,27	6356,34
24,5	3504,90	4906,86	5257,34	6168,59
25	3262,88	4568,03	4894,31	5742,66
Rata-rata	3200,08	4223,79	4550,61	5526,59



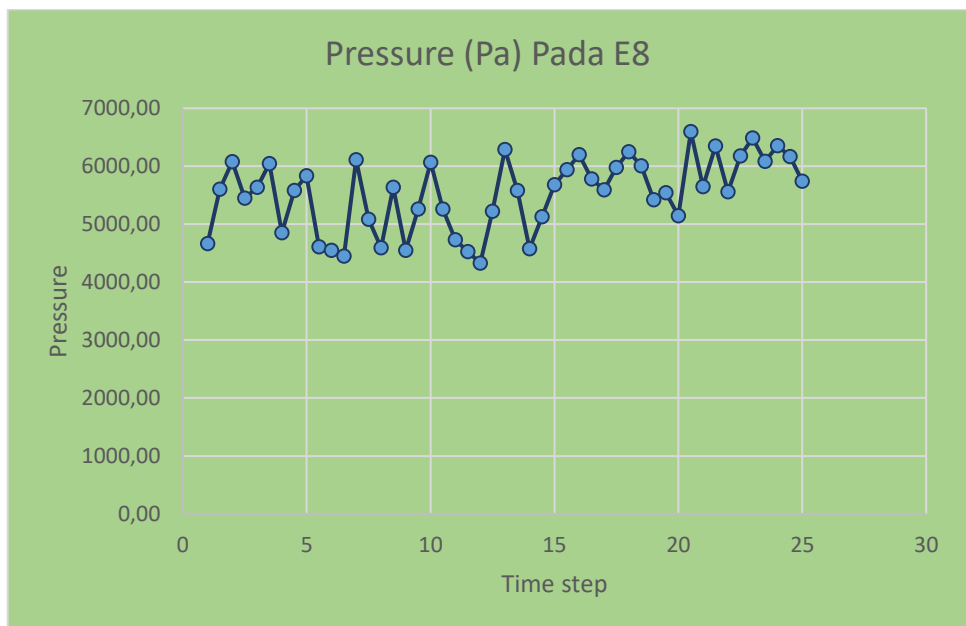
Gambar.4.60 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles berlubang area E5



Gambar.4.61 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles berlubang area E6



Gambar.4.62 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles berlubang area E7



Gambar.4.63 Grafik tekanan pada tangki dengan dua baffles berlubang area E8

Dinding pada area E5 (8 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 3923,32 Pa dan total pressure

rata – rata sebesar 3200,08 Pa, Pada E6 (6 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 5492,63 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 4223,79 Pa, Pada E7 (4 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 5859,71 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 4550,61 Pa, Pada E8 (2 m dari dasar tangki dengan luas 42 m²) menunjukkan total pressure maksimal sebesar 6594,54 Pa dan total pressure rata – rata sebesar 5526,59 Pa.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil hasil percobaan dengan simulasi yang telah didapatkan dan dibahas pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan antara lain sebagai berikut:

1. Tangki dengan tanpa baffles mempunyai pressure pada dinding depan dan belakang mempunyai pressure minimal sebesar 5254,36 Pa dan pressure maksimal 21058,76 Pa. Nilai pressure minimal pada dinding bagina kanan dan kiri sebesar 7171,65 dan pressure maksimal sebesar 20715,13
2. Tangki dengan satu *Baffles* penuh dapat mengurangi efek sloshing sebesar 24,32%. Pressure pada dinding depan dan belakang minimal sebesar 2982,36 Pa dan pressure maksimal 8290,85 Pa. Nilai Pressure pada dinding kanan dan kiri sebesar 3794,04 Pa dan Pressure maksimal sebesar 12364,80 Pa.
3. Tangki dengan dua *Baffles* penuh dapat mengurangi efek sloshing sebesar 40,13%. Pressure pada dinding depan dan belakang minimal sebesar 2379,92 Pa dan pressure maksimal 69322,03 Pa. Nilai Pressure pada dinding kanan dan kiri sebesar 3073,05 Pa dan Pressure maksimal sebesar 8243,19 Pa.
4. Tangki dengan satu *Baffles* berlubang dapat mengurangi efek sloshing sebesar 35,13%, karena dengan pelubangan pada *Baffles* membuat aliran air menjadi lebih halus. Pressure pada dinding depan dan belakang minimal sebesar 2081,77 Pa dan pressure maksimal 73339,66 Pa. Nilai Pressure pada dinding kanan dan kiri sebesar 2897,45 Pa dan Pressure maksimal sebesar 8775,03 Pa
5. Tangki dengan dua *Baffles* berlubang dapat mengurangi efek sloshing sebesar 65,76%, karena dengan pelubangan pada *Baffles* membuat aliran air menjadi lebih halus. Pressure pada dinding depan dan belakang minimal sebesar 1988,23 Pa dan pressure maksimal 5537,62 Pa. Nilai Pressure pada dinding kanan dan kiri sebesar 2458,44 Pa dan Pressure maksimal sebesar 6594, 54 Pa

Jadi dengan adanya penamabahan Baffles pada tangki dapat mengurangi sloshing, dan dengan memberi lubang pada Baffles itu sendiri dapat membuat aliran air dalam tangki menjadi lebih halus.

5.2. Saran

Tugas akhir yang disusun penulis ini masih mempunyai keterbatasan dan kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan tugas akhir ini dapat dikembangkan lagi secara lebih mendalam dengan kajian lebih lengkap. Adapun saran penulis untuk penelitian lebih lanjut antara lain:

1. Diperlukan PC yang kompatible dalam analisa CFD karena software ansys merupakan software yang cukup berat.
2. Perlunya ketelitian dalam menjalankan *software* CFD.
3. Diharapkan adanya pengujian laboratorium yang lebih detail guna meningkatkan keakuratan hasil pendekatan numerik yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Kim, B. and Shin, Y.S., “Coupled Seakeeping with Liquid Sloshing in Ship Tanks “, Proceedings of the ASME 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering
- (2) Septiansyah, Bahtiar Rifai. (2012). Tugas Akhir. Analisa Sloshing Secara Memanjang Pada Tangki FLNG Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- (3) Bhattacharrya, R. (1978). Dynamics of Marine Vehicles. New York: Wiley Publication.
- (4) Fahlevi, Rizal (2014). Analisa Pengaruh Sloshing Pada Ruang Muat Kapal LNG Terhadap Stabilitas Kapal Dengan Pendekatan CFD” (Final Project). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- (5) Rifai, S.B. (2012). Analisa Sloshing Secara Memanjang Pada Tangki FLNG Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic CFD (Final Project).. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- (6) Sloshing Assessment Guidance Document for Membrane Tank LNG Operations (2009). London; Lloyd Register.
- (7) Sugiarto, Adin. (2010). Maxsurf Training 2010 Basic Level. Surabaya
- (8) Tautika, Firman. (2008). Dasar-Dasar CFD Menggunakan Fluent. Bandung: Informatika.
- (9) Kim, B. and Shin, Y.S., “Coupled Seakeeping with Liquid Sloshing in Ship Tanks “, Proceedings of the ASME 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kudus, 05 Mei 1993, Penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari SDN 02 Loram Wetan Kab.Kudus, SMPN 01 Jati, Kudus, SMAN 2 Bae, Kudus dan Diploma III Teknik Perkapalan Unirversitas Dponegoro. Kemudian penulis melanjutkan Studinya dan diterima sebagai mahasiswa lintas jalur pada pertengahan tahun 2015 di jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Kota Surabaya

Di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ini, penulis mengambil bidang studi *Marine Manufacture Design* (MMD). Selama menempuh kuliah, penulis aktif dalam kegiatan akademik maupun non-akademik. Kegiatan akademik meliputi kegiatan perkuliahan dari semester pertama hingga semester akhir.